DAILY ASSAM

অধ্যায়-৪

গতিশীল আধান আৰু চুম্বকত্ব

(MOVING CHARGES AND MAGNETISM)

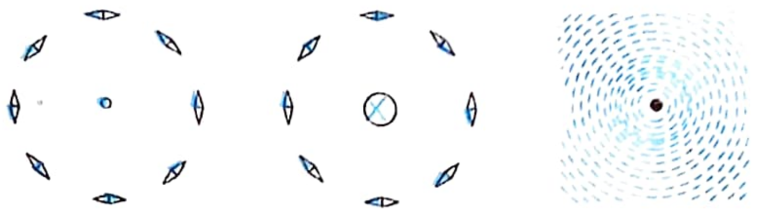
4.1 আৰম্ভণি

দুই সহস্রাধিক বছৰৰ পূৰ্বৰেপৰা বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্ব সম্বন্ধে মানুহে কিছু কথা জানিছিল। অৱশ্যে ইহঁতৰ ওতঃপ্ৰোত সম্পৰ্কৰ বিষয়ে 1820 চনতহে ভু পোৱা গৈছিল। 1820 চনত শ্ৰেণী কোঠাত বক্তৃতা এটা প্ৰদান কৰোঁতে ডানিচ পদাৰ্থবিদ হান্‌ছ খ্ৰীষ্টিয়ান অ'ৰষ্টেডে (Hans Christian Oersted) পোন তাঁৰ এডালেদি চালিত বিদ্যুত প্ৰবাহে নিকটৱৰ্তী কম্পাছ এটাৰ চুম্বক শলাৰ লক্ষ্যণীয় বিচ্যুতি ঘটোৱা প্ৰত্যক্ষ কৰিছিল আৰু এই পৰিঘটনাৰ অনুসন্ধান আৰম্ভ কৰিছিল। পোন তাঁৰডালৰ লম্ব সমতলত অৱস্থিত আৰু তাঁৰডাল কেন্দ্ৰৰে পাৰ হোৱাকৈ কল্পনা কৰা বৃত্ত এটাৰ স্পৰ্শকৰ দিশত চুম্বক শলা বৈ যায়। 4.1(a) চিত্ৰত এই পৰিস্থিতি প্ৰদৰ্শন কৰা হৈছে। প্ৰবাহৰ মান ডাঙৰ হ'লে আৰু শলাডাল তাঁৰৰ যথেষ্ট ওচৰত অৱস্থিত হ'লে পৃথিৱীৰ চুম্বকক্ষেত্ৰখন অৱজ্ঞা কৰিব পাৰি। প্ৰবাহৰ দিশ ওলোটা কৰিলে শলাৰো দিক্‌বিন্যাস ওলোটে [চিত্ৰ 4.1(b)]। প্ৰবাহ বঢ়ালে অথবা শলাডাল তাঁৰৰ ওচৰলৈ আনিলে শলাৰ বিক্ষেপণ বাঢ়ে। তাঁৰডালৰ চাৰিওফালে লোহাৰ গুড়ি চটিয়াই দিলে তাঁৰডালক কেন্দ্ৰ হিচাপে লৈ ঐককেন্দ্ৰিক বৃত্ত কিছুমানত গুড়িবোৰে থিতাপি লয় [চিত্ৰ 4.1(c)]। এনে পৰ্যবেক্ষণৰ পৰা অ'ৰষ্টেড সিদ্ধান্তলৈ আহে যে গতিশীল আধান অথবা প্ৰবাহে নিকটৱৰ্তী অঞ্চলত চুম্বক ক্ষেত্ৰ স্থাপন কৰে।

ইয়াৰ পৰৱৰ্তী সময়ত এই বিষয়ে প্ৰচুৰ পৰীক্ষা-নিৰীক্ষা চলিছিল। 1864 চনত জেম্‌চ মেক্সৱেলে (James Maxwell) বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বৰ সূত্ৰসমূহ একত্ৰিত কৰি বিধিবদ্ধভাৱে বৰ্ণনা কৰিছিল। তেতিয়াই তেওঁ পোহৰ এবিধ বিদ্যুত-চুম্বকীয় তৰংগ বুলি জানিব পাৰিছিল। হাৰ্ট্‌জে (Hertz) বেতাঁৰ তৰংগ (radio

১ম অধ্যায়ৰ ৩য় পৃষ্ঠাৰ বাকচৰ অন্তৰ্ভুক্ত লিখনিলৈ মন কৰা।

waves) আৱিষ্কাৰ কৰিছিল আৰু ঊনৈশ শতিকাৰ শেষভাগত জগদীশ চন্দ্ৰ বোস (J.C.Bose) আৰু মাৰ্কনিয়ে (G. Marconi) তেনে তৰংগ সৃষ্টি কৰি দেখুৱাইছিল। বিংশ শতিকাত বিজ্ঞান আৰু প্ৰযুক্তিৰ চমকপ্ৰদ উন্নতি ঘটিছিল। ইয়াৰ মূলতে আছিল বিদ্যুত চুম্বকত্বৰ ওপৰত আমাৰ ক্ৰমবৰ্দ্ধমান জ্ঞান তথা বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ উৎপাদন, সংবৰ্দ্ধন, সঞ্চালন আৰু অৱস্থিতি নিৰূপণৰ বাবে তৈয়াৰ কৰি লোৱা সঁজুলিবোৰ।

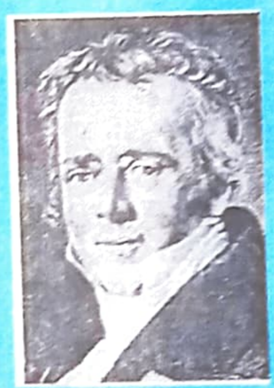


(a) (b) (c)

চিত্ৰ 4.1 পোন আৰু দীঘল বিদ্যুত প্ৰবাহ চালিত তাঁৰৰ চুম্বকক্ষেত্ৰ। তাঁৰডাল কাগজৰ সমতলৰ লম্বভাৱে সংস্থাপিত। বহুতো কম্পাছ শলাই তাঁৰডাল আগুৰি আছে। (a) প্ৰবাহ কাগজৰ সমতৰ লম্বভাৱে ওপৰলৈ উঠি অহা অৱস্থাত (b) প্ৰবাহ কাগজৰ সমতলৰ লম্বভাৱে তললৈ নামি যোৱা অৱস্থাত চুম্বকশলাৰ দিক্‌বিন্যাস দেখুৱা হৈছে। (c) তাঁৰডালৰ চাৰিওফালে লোহাৰ গুৰিৰ বিন্যাস। শলাৰ ৰং দিয়া প্ৰান্তই উত্তৰ মেৰু বুজাইছে। পৃথিৱীৰ চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱ গণ্য কৰা হোৱা নাই

এই অধ্যায়ত ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টনৰ দৰে আহিত গতিশীল কণা আৰু বিদ্যুত প্ৰবাহ চালিত তাঁৰৰ ওপৰত চুম্বকীয় বা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই কিদৰে বল প্ৰয়োগ কৰে সেই বিষয়ে আলোচনা কৰিম। তদুপৰি কিদৰে প্ৰবাহে চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ সৃষ্টি কৰে সেই বিষয়েও পঢ়িম। ঘূৰ্ণীত্বৰক যন্ত্ৰত (cyclotron) কণাবোৰক উচ্চ শক্তিলৈ ত্বৰিত কৰা পদ্ধতিৰ বিষয়ে জানিবলৈ প্ৰয়াস কৰিম। তদুপৰি গেলভেন'মিটাৰে (galvanometer) কিদৰে প্ৰবাহ আৰু বিভৱভেদৰ উপস্থিতি নিৰূপণ কৰে সেই বিষয়েও অধ্যয়ন কৰিম।

বৰ্তমান অধ্যায় আৰু চুম্বকত্বৰ ওপৰত পৰৱৰ্তী অধ্যায়ত আমি নিম্নোক্ত বিধি গ্ৰহণ কৰিম। কাগজৰ সমতলৰ ওপৰলৈ পৰা ওলাই অহা প্ৰবাহ অথবা ক্ষেত্ৰক (বৈদ্যুতিক অথবা চৌম্বিক) ফোট (dot) (⊙) এটাৰে সূচোৱা হ'ব। আনহাতে কাগজৰ সমতলৰ ভিতৰলৈ সোমোৱা প্ৰবাহ বা ক্ষেত্ৰক পূৰণ (cross) (⊗) চিনেৰে বুজোৱা হ'ব।* 4.1(a) আৰু 4.1(b) চিত্ৰত এই দুটা পৰিস্থিতি দেখুওৱা হৈছে।



হানছ খ্ৰীষ্টিয়ান অ'ৰষ্টেড (Hans Christian Oersted 1777–1851) ঃ ডানিছ পদাৰ্থবিদ আৰু ৰসায়নবিদ, ক'পেনহাগেনৰ (Copenhagen) অধ্যাপক। প্ৰবাহ চালিত তাঁৰ এডালৰ নিকটৱৰ্তী স্থানত অৱস্থিত কম্পাছ শলাৰ বিক্ষেপণ তেওঁ ধৰা পেলাইছিল। এই আৱিষ্কাৰ বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক পৰিঘটনাসমূহৰ ওতপ্ৰোত সম্পৰ্কৰ সৰ্বপ্ৰথম পৰীক্ষালব্ধ প্ৰমাণ আছিল।

HANS CHRISTIAN OERSTED (1777–1851)

4.2 চুম্বকীয় বা চৌম্বিক বল (Magnetic Force)

4.2.1 উৎস আৰু ক্ষেত্ৰ (Sources and fields)

চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ, $\vec{B}$ ৰ ধাৰণাৰ উপস্থাপনৰ পূৰ্বে আমি ১ম অধ্যায়ত পঢ়ি অহা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ, $\vec{E}$ ৰ লগত জড়িত ধাৰণাবোৰ জুকিয়াই ল'ম। আমি দেখিছিলো যে, দুটা আধানৰ পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়াৰ বিষয়ে দুটা পৰ্যায়ত আলোচনা কৰিব পাৰি। ক্ষেত্ৰৰ উৎস Q আধানে স্থাপন কৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰখন হ'ল $\vec{E}$

$$\text{য'ত } \vec{E} = Q\ \hat{r} / (4\pi\varepsilon_0)r^2 \qquad (4.1)$$

* তোমাৰ ফালে মূৰ কৰি থকা কাঁড় এডালৰ শীৰ্ষ এটা ফোটৰ লেখীয়া আৰু তোমাৰ পৰা আঁতৰি যোৱা কাঁড় এডালৰ পাখিসংলগ্ন পশ্চাদভাগ পূৰণ চিনটোৰ লেখীয়া।

ইয়াত $\hat{\mathbf{r}}$ হ'ল $\vec{\mathrm{r}}$ ৰ দিশত একক ভেক্টৰ আৰু $\vec{\mathrm{E}}$ বিদ্যুৎ ক্ষেত্ৰখন ভেক্টৰ ৰাশি। q আধানে এই ক্ষেত্ৰখনৰ লগত পাৰস্পৰিক ক্ৰিয়া কৰে আৰু $\vec{\mathrm{F}}$ বল অনুভৱ কৰে, য'ত,

$$\vec{\mathrm{F}} = q\,\vec{\mathrm{E}} = q\,Q\,\hat{\mathbf{r}} / (4\pi\varepsilon_0)\,r^2 \tag{4.2}$$

প্ৰথম অধ্যায়ত উনুকিওৱা হৈছিল যে $\vec{\mathrm{E}}$ ক্ষেত্ৰৰ অৱতাৰণা কেৱল কল্পনাৰ আলম নহয়। ইয়াৰ ভৌতিক ভূমিকাও আছে। ই শক্তি আৰু ভৰবেগ সঞ্চালিত কৰিব পাৰে আৰু ই মুহূৰ্ততে সংস্থাপিত নহৈ পৰিমেয় সময়ৰ ভিতৰত সঞ্চাৰিত হয়। ফেৰাডেই ক্ষেত্ৰৰ ধাৰণাক বিশেষভাৱে গুৰুত্ব দিছিল আৰু মেক্সৱেলে তেওঁৰ বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বৰ একত্ৰীকৰণত এই ধাৰণা অন্তৰ্ভুক্ত কৰিছিল। অঞ্চলৰ (space) প্ৰত্যেক বিন্দুৰ অৱস্থানৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল হোৱাৰ উপৰিও ই সময়ৰ সাপেক্ষে পৰিবৰ্তিত হ'ব পাৰে। কিন্তু এই অধ্যায়ৰ আলোচনাত ক্ষেত্ৰসমূহ সময়ৰ সাপেক্ষে অপৰিবৰ্তনীয় বুলি ধৰি ল'ম।

কোনো এক বিন্দুত প্ৰতিস্থাপিত ক্ষেত্ৰ, এক অথবা একাধিক আধানৰ প্ৰভাৱত প্ৰতিস্থাপিত হ'ব পাৰে। বহুতো আধানৰ উপস্থিতি থাকিলে ক্ষেত্ৰবোৰ ভেক্টৰ পদ্ধতিৰে যোগ হয়। প্ৰথম অধ্যায়ত তোমালোকে শিকিছিলা যে ইয়াকে উপৰিপাতন বা অধ্যাৰোপনৰ নীতি (principle of superposition) বোলে। ক্ষেত্ৰখন জনা থাকিলে (4.2) সমীকৰণটোৱে পৰীক্ষামূলক আধানৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলৰ সন্ধেদ দিব।

স্থিতিশীল আধানে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ স্থাপন কৰাৰ নিচিনাকৈ প্ৰবাহ অথবা গতিশীল আধানৰ সমষ্টিয়ে (ওপৰন্তুকৈ) এখন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ স্থাপন কৰে, ইয়াক $\vec{\mathrm{B}}\,(\vec{\mathrm{r}})$ সংকেতেৰে বুজোৱা হয়; ইও এখন ভেক্টৰ ক্ষেত্ৰ। ইয়াৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সৈতে একে প্ৰকৃতিৰ কেবাটাও মৌলিক ধৰ্ম আছে। অঞ্চলৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে ইয়াৰ সংজ্ঞা দিয়া হয় (তদুপৰি ই সময়ৰ ওপৰতো নিৰ্ভৰশীল হ'ব পাৰে)। পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰ পৰা প্ৰতীয়মান হৈছে যে ই উপৰিপাতন নীতি মানি চলে ঃ কে'বাটাও উৎসৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰত্যেকটো উৎসৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ ভেক্টৰ যোগফল।

হেণ্ড্ৰিক এণ্টুন লৰেঞ্জ (Hendrik Antoon Lorentz 1853 – 1928) ঃ ডাট্চ (Dutch) তাত্ত্বিক পদাৰ্থবিদ, লীডেনৰ (Leiden) অধ্যাপক। তেওঁ বিদ্যুত, চুম্বকত্ব আৰু বল বিজ্ঞানৰ মাজৰ সম্বন্ধৰ ওপৰত গৱেষণা চলাইছিল। আলোক বিকিৰকৰ ওপৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিদৃশ্যমান প্ৰভাৱৰ ব্যাখ্যা (যীমেন ক্ৰিয়া, Zeeman effect) দিবলৈ তেওঁ পৰমাণুৰ ভিতৰত বৈদ্যুতিক আধান থাকে বুলি ঘোষণা কৰিছিল। ইয়াৰ বাবে তেওঁক 1902 চনত নবেল বঁটাৰে সন্মানিত কৰা হৈছিল। জটিল গাণিতিক পদ্ধতি ব্যৱহাৰ কৰি তেওঁ ৰূপান্তৰ সমীকৰণৰ (যিবোৰক তেওঁৰ নামেৰে লৰেঞ্জৰ ৰূপান্তৰ সমীকৰণ বুলি জনা যায়) এটা সংহতি নিৰ্ণয় কৰিছিল; কিন্তু এসময়ত এই ৰূপান্তৰ সমীকৰণবোৰেই স্থান আৰু কালৰ (space and time) এক নতুন ধাৰণাৰ সূত্ৰপাত কৰিব সেই বিষয়ে তেওঁ জনা নাছিল।

HENDRIK ANTOON LORENTZ (1853 – 1928)

4.2.2 চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ, লৰেঞ্জৰ বল (Magnetic Field, Lorentz Force)

ধৰা হ'ল যে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{\mathrm{E}}\,(\vec{\mathrm{r}})$ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{\mathrm{B}}\,(\vec{\mathrm{r}})$ উভয়ৰে উপস্থিতিত এটা বিন্দুত আধান q আছে (আধানটো $\vec{\mathrm{v}}$ বেগেৰে গতিশীল আৰু প্ৰদত্ত সময় t ত $\vec{\mathrm{r}}$ স্থানত অৱস্থিত)। দুয়োখন ক্ষেত্ৰৰ বাবে আধান q ৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল হ'ব

$$\vec{\mathrm{F}} = q\,[\vec{\mathrm{E}}\,(\vec{\mathrm{r}}) + \vec{\mathrm{v}} \times \vec{\mathrm{B}}\,(\vec{\mathrm{r}})] \equiv \vec{\mathrm{F}}_{\text{বৈদ্যুতিক}} + \vec{\mathrm{F}}_{\text{চৌম্বিক}} \tag{4.3}$$

এম্পিয়াৰ (Ampere) আৰু আন আন বিজ্ঞানীয়ে সম্পাদন কৰা বিস্তৃত পৰীক্ষা-নিৰীক্ষাৰ অন্তত লৰেঞ্জে (H.A. Lorentz) এইবিধ বলৰ অৱতাৰণা কৰিছিল, সেয়েহে এই বলক লৰেঞ্জৰ বল বুলি কোৱা হয়। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত প্ৰযুক্ত হোৱা বলৰ নিম্নোক্ত বৈশিষ্ট্যসমূহ মন কৰিবলগীয়া।

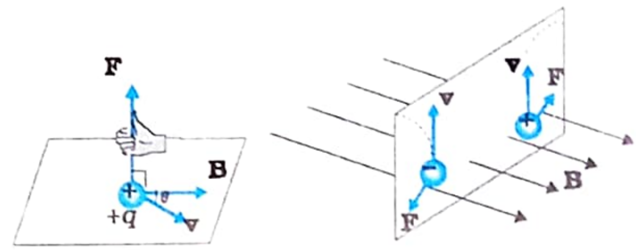
(i) ই q, $\vec{\mathrm{v}}$ আৰু $\vec{\mathrm{B}}$ (কণাৰ আধান, বেগ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ)ৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল।

(ii) চৌম্বিক বল $q\,[\,\vec{\mathrm{v}} \times \vec{\mathrm{B}}\,]$ ত বেগ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ এটা ভেক্টৰ পূৰণফল অন্তৰ্ভুক্ত হৈ আছে। এই ভেক্টৰ পূৰণফলৰ বাবে বেগ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ পৰস্পৰে একমুখীভাৱে সমান্তৰাল অথবা

বিপৰীতমুখীভাৱে সমান্তৰাল হ'লে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই প্ৰয়োগ কৰা বল বিলুপ্ত (শূন্য) হয়। এইবল বেগ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উভয়ৰে লম্ব দিশত (পাৰ্শ্বমুখীভাৱে) কাৰ্যকৰী হয়। ইয়াৰ দিশ, 4.2 চিত্ৰত ব্যাখ্যা কৰা ভেক্টৰ (ক্ৰছ্) পূৰণৰ স্ক্ৰু'ৰ নীতি বা সোঁহাতৰ নীতিৰ যোগেদি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

(iii) আধান স্থিতিশীল অৱস্থাত থাকিলে চৌম্বিকবল শূন্য হ'ব (কিয়নো তেনে অৱস্থাত $|\vec{v}| = 0$)। কেৱল গতিশীল আধানেহে চৌম্বিক বলৰ কবলত পৰে।

$\vec{F} = q[\vec{v} \times \vec{B}] = q\,v\,B\sin\theta\,\hat{n}$, [য'ত θ, $\vec{v}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ মাজৰ কোণ (চিত্ৰ 4.2 (a) চোৱা)] বলৰ সমীকৰণত q, $\vec{F}$ আৰু $\vec{v}$ আটাইকে একক মানৰ বুলি ধৰিলে চৌম্বিক বলৰ প্ৰকাশ ৰাশিৰ পৰাই চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ এককৰ সূত্ৰ দিব পাৰি। এক m/s দ্ৰুতিৰে $\vec{B}$ ৰ লম্ব দিশেৰে গতিশীল এটা একক আধানৰ (1C) ওপৰত ক্ৰিয়াশীল বলৰ মান 1 নিউটন (newton) হ'লে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ ৰ মান 1 এছ আই (SI) একক বুলি গণ্য কৰা হয়।



চিত্ৰ 4.2 আহিত কণা এটাৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা চৌম্বিক বলৰ দিশ (a) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ লগত θ কোন কৰি v বেগৰ ধনাত্মক আধান এটাৰ ওপৰত ক্ৰিয়া কৰা বলৰ দিশ সোঁহতীয়া নিয়মে নিৰ্দেশ কৰে, (b) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত q আধানৰ গতিশীল কণা এটাৰ বিচ্যুতি $-q$ আধানৰ কণাৰ বিচ্যুতিৰ ওলোটা।

মাত্ৰিকভাৱে, $[\vec{B}] = [\vec{F}/qv]$, গতিকে $\vec{B}$ ৰ একক নিউটন ছেকেণ্ড/(কুলম্ব মিটাৰ)। নিকলা টেছ্লাৰ (Nikola Tesla) (1856–1943) নামেৰে নামকৰণ কৰা এই এককটোক টেছ্লা (Tesla) বুলি কোৱা হয়। কিন্তু টেছ্লা এটা বৃহৎ একক। গাউছ (Gauss) ($=10^{-4}$ টেছ্লা) নামেৰে এটা সৰু একক (এছ আই নহয়) প্ৰায়ে ব্যৱহাৰ হয়। পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান প্ৰায় 3.6×10^{-5} T। 4.1 তালিকাত বিশ্ব ব্ৰহ্মাণ্ডৰ বিভিন্ন মানৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰবোৰ উল্লেখ কৰা হৈছে।

তালিকা 4.1 বিভিন্ন ভৌতিক পৰিস্থিতিত সৃষ্ট চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মানৰ ক্ৰম।

ভৌতিক পৰিস্থিতি	B ৰ মান (টেছ্লা এককত)
নিউট্ৰন তৰাৰ পৃষ্ঠ	10^{8}
পৰীক্ষাগাৰত সৃষ্টি কৰা বৃহৎ ক্ষেত্ৰ	1
সৰু দণ্ড চুম্বকৰ কাষৰ স্থান	10^{-2}
ভূপৃষ্ঠ	10^{-5}
মানৱ স্নায়ুতন্তু	10^{-10}
আন্তঃনাক্ষত্ৰিক অঞ্চল	10^{-12}

4.2.3 প্ৰবাহ চালিত পৰিবাহীৰ ওপৰত চৌম্বিক বল (Magnetic force on a current-carrying conductor)

এটা স্বতন্ত্ৰ গতিশীল আধানৰ ওপৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই প্ৰয়োগ কৰা বলৰ বিশ্লেষণ প্ৰবাহ চালিত পোন দণ্ড এডাললৈ সম্প্ৰসাৰিত কৰিব পাৰি। A সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ আৰু l দৈৰ্ঘ্যৰ দণ্ড এডাল বিবেচনা কৰা হ'ল। পৰিবাহীত থকাৰ দৰে ইয়াতো এবিধহে গতিশীল আধান বাহক (এই ক্ষেত্ৰত ইলেক্ট্ৰন) আছে বুলি ধৰি ল'ম। ইয়াত এইবোৰ আধান বাহকৰ সংখ্যা ঘনত্ব (number density) n; গতিকে ইয়াত গতিশীল আধান বাহকৰ মুঠ সংখ্যা nAl। এই পৰিবাহীত I স্থিৰ প্ৰবাহৰ বাবে প্ৰত্যেকটো গতিশীল আধান বাহকৰ গড় অপবাহ বেগ $\vec{v}_d$ (৩য় অধ্যায় চোৱা) বুলি ধৰি লোৱা হওক। বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ৰ বাবে এই

DAILY ASSAM

বাহকবোৰৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল হ'ব

$$\vec{F} = (nAl)q\ \vec{v}_d \times \vec{B}$$

ইয়াত q হ'ল বাহকৰ আধানৰ মান। এতিয়া $nq\vec{v}_d$ হ'ল প্ৰবাহ ঘনত্ব $\vec{j}$ আৰু $|(nq\ \vec{v}_d)|A$ হ'লগে প্ৰবাহ (প্ৰবাহ আৰু প্ৰবাহ ঘনত্বৰ আলোচনাৰ বাবে ৩য় অধ্যায় দ্ৰষ্টব্য)। গতিকে,

$$\vec{F} = [(nqe\ \vec{v}_d)Al] \times \vec{B} = [\,\vec{j}Al\,] \times \vec{B} = I\vec{l} \times \vec{B} \qquad (4.4)$$

ইয়াত $\vec{l}$ এটা ভেক্টৰ, যাৰ মান দণ্ডৰ দৈৰ্ঘ্য l ৰ সমান আৰু যাৰ দিশ, I প্ৰবাহৰ সদৃশ। মন কৰিবা যে I ভেক্টৰ নহয়। (4.4) সমীকৰণত উপনীত হোৱা ঠিক পূৰ্বৰ শাৰীত ভেক্টৰৰ প্ৰতীক $\vec{j}$ ৰ পৰা $\vec{l}$ লৈ স্থানান্তৰিত কৰা হৈছে।

এডাল পোন দণ্ডৰ ক্ষেত্ৰত (4.4) সমীকৰণ প্ৰযোজ্য। এই সমীকৰণত $\vec{B}$ হ'ল বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ। মনত ৰাখিবা, ই প্ৰবাহ চালিত দণ্ডডালে উৎপন্ন কৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নহয়। এডাল যাদৃচ্ছিক আকৃতিৰ তাঁৰৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা লৰেঞ্জৰ বল নিৰ্ণয় কৰিবলৈ হ'লে তাঁৰডাল অনেক ৰৈখিক টুকুৰা $d\vec{l}_j$ ৰ সমষ্টি বুলি ধৰি নিম্নোক্ত ধৰণে যোগ কৰিব লাগিব

$$\vec{F} = \sum_j idl_j \times \vec{B}$$

বেছিভাগ ক্ষেত্ৰতে এই যোগ অনুকলনলৈ পদ্ধতিৰে কৰা হয়।

বৈদ্যুতিক মাধ্যমাংক আৰু প্ৰৱেশ্যতাৰ বিষয়ে দুআষাৰ (On permittivity and Permeability)

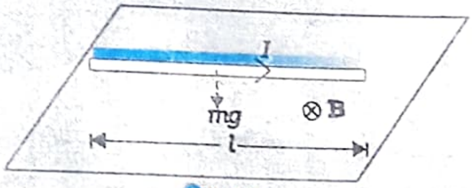
বিশ্বজনীন মহাকৰ্ষণ সূত্ৰৰ সন্দৰ্ভত কোৱা হৈছে যে যিকোনো দুটা বিন্দুভৰে পৰস্পৰৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰে আৰু এই বল, m_1 আৰু m_2 ভৰৰ গুণফলৰ সমানুপাতিক আৰু ভৰ দুটাৰ মাজৰ দূৰত্ব r ৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিক। গতিকে এই বলৰ প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল $F = Gm_1m_2/r^2$, য'ত G হ'ল মহাকৰ্ষণৰ বিশ্বজনীন ধ্ৰুৱক। একে ধৰণে স্থিতি বিদ্যুতৰ কুলম্বৰ সূত্ৰত r দূৰত্ব অন্তৰালত অৱস্থিত দুটা বিন্দু আধান q_1 আৰু q_2 ৰ মাজৰ বল প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল $F = kq_1q_2/r^2$, য'ত k হৈছে এটা সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। এছ আই প্ৰণালীত k ৰ মান $1/4\pi\varepsilon$, য'ত ε হৈছে মাধ্যমৰ বৈদ্যুতিক মাধ্যমাংক। চুম্বকত্বতো এটা ধ্ৰুৱকৰ সৈতে পৰিচয় ঘটে; এছ এই প্ৰণালীত। ই হ'ব $\mu/4\pi$, য'ত μ হৈছে মাধ্যমৰ প্ৰৱেশ্যতা।

যদি G, ε আৰু μ ৰ চিনাকি সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক হিচাপে, তথাপি মহাকৰ্ষিক বল আৰু বিদ্যুতচুম্বকীয় বলৰ মাজত এটা প্ৰভেদ বিদ্যমান। মহাকৰ্ষণ বল মাধ্যম নিৰপেক্ষ; কিন্তু বিদ্যুত চুম্বকীয় বল, দুটা আধান বা দুডাল চুম্বকৰ মাজত বিৰজিত মাধ্যমৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰে। গতিকে G এটা বিশ্বজনীন ধ্ৰুৱক; কিন্তু ε আৰু μ মাধ্যমৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল। বেলেগ বেলেগ মাধ্যমৰ বাবে সিহঁতৰ মান বেলেগ বেলেগ। $\varepsilon\mu = 1/v^2$ ৰ যোগেদি $\varepsilon\mu$ বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ দ্ৰুতি v ৰ লগত সম্পৰ্কিত।

বৈদ্যুতিক মাধ্যমাংক হ'ল এবিধ ভৌতিক ৰাশি যিয়ে এখন বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই কিদৰে মাধ্যমক প্ৰভাৱান্বিত কৰে বা মাধ্যমৰ দ্বাৰা প্ৰভাৱান্বিত হয় তাৰে বৰ্ণনা দিয়ে। প্ৰযুক্ত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত মাধ্যমৰ মেৰুকৰণ (polarization) সামৰ্থ অৰ্থাৎ সেই সূত্ৰে মাধ্যমৰ অন্তৰ্গত ক্ষেত্ৰৰ আংশিক প্ৰশমনৰ সামৰ্থই ε ৰ মান নিৰূপণ কৰে। একেদৰে, μ হ'ল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বৰ্তমানত পদাৰ্থৰ চুম্বকত্ব গুণ প্ৰাপ্ত হোৱাৰ সামৰ্থ। ই পদাৰ্থৰ কিমান ভিতৰলৈ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত প্ৰৱেশ ঘটিব তাৰে জোখ দিয়ে।

উদাহৰণ 4.1

সমাধান 4.1 : 200 gm ভৰৰ আৰু 1.5 m দৈৰ্ঘ্যৰ পোন তাঁৰ এডালে 2 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে। এখন সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ ৰ (চিত্ৰ. 4.3) দ্বাৰা ই শূন্যতে ওপঙি আছে। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান?



চিত্ৰ 4.3

সমাধান ঃ (4.4) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ যে ILB মানৰ এটা ঊৰ্দ্ধমুখী বল ক্ৰিয়াশীল হৈ আছে। শূন্যত ওপঙিবলৈ ই মাধ্যাকৰ্ষণ বলৰ দ্বাৰা প্ৰশমিত হ'ব লাগিব।

$$mg = I\,lB$$

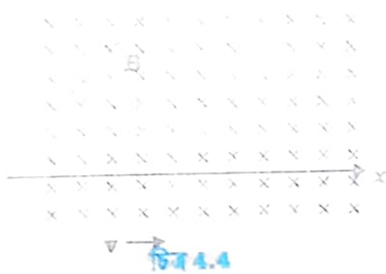
$$B = \frac{mg}{Il}$$

$$= \frac{0.2 \times 9.8}{2 \times 1.5} = 0.65 \text{ T}$$

মন কৰা যে, তাঁৰডালৰ প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ ভৰ, m/l ৰ মানেই পৰ্যাপ্ত হ'বহেঁতেন। পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান প্ৰায় 4×10^{-5} T আৰু ইয়াক নগণ্য বুলি ধৰা হৈছে।

উদাহৰণ 4.1

উদাহৰণ 4.2 ঃ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ধনাত্মক y-অক্ষৰ সমান্তৰাল আৰু আহিত কণাৰ গতি ধনাত্মক x-অক্ষৰ দিশত হ'লে (চিত্ৰ 4.4) (a) এটা ইলেক্ট্ৰনৰ (ঋণাত্মক আধান), (b) এটা প্ৰ'টনৰ (ধনাত্মক আধান) ক্ষেত্ৰত লৰেঞ্জ বলৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 4.4

সমাধান ঃ কণাৰ বেগ $\vec{v}$, x-অক্ষৰ দিশত আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ y-অক্ষৰ দিশত। গতিকে $\vec{v} \times \vec{B}$ ৰ দিশ z-অক্ষৰ দিশত হ'ব (স্ক্ৰু'ৰ নিয়ম বা সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়ম)। সেয়েহে, (a) ইলেক্ট্ৰনৰ ক্ষেত্ৰত ই $-z$ অক্ষৰ দিশত হ'ব। (b) ধনাত্মক আধানৰ (প্ৰ'টন) ক্ষেত্ৰত ই $+z$ অক্ষৰ দিশত হ'ব।

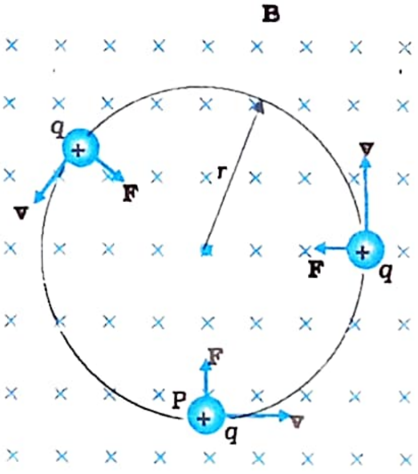
উদাহৰণ 4.2

PHYSICS

Charged particles moving in a magnetic field.
Interactive demonstration:
http://www.phys.hawaii.edu/~teb/optics/java/partmagn/index.html

4.3 চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত গতি (Motion in a Magnetic Field)

এতিয়া আমি চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত আধানৰ গতিৰ বিষয়ে বিশদভাৱে আলোচনা কৰিম। বল-বিজ্ঞানত আমি পঢ়িছিলোঁ যে (XI শ্ৰেণীৰ পাঠ্যপুথিৰ ষষ্ঠ অধ্যায় দ্ৰষ্টব্য) কণাৰ গতিৰ দিশত (অথবা বিপৰীত দিশত) প্ৰযুক্ত বলৰ উপাংশ থাকিলে বলে কাৰ্য সম্পাদন কৰে। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত আধানৰ গতিৰ ক্ষেত্ৰত চৌম্বিক

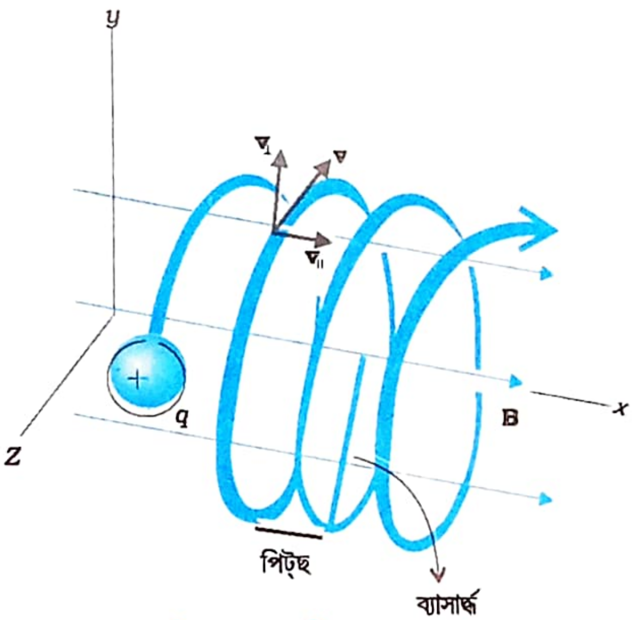


চিত্ৰ 4.5 বৃত্তীয় গতি

বল আধানৰ বেগৰ লম্ব দিশত ক্ৰিয়াশীল হয়। গতিকে কাৰ্য সম্পাদিত নহয় আৰু সেয়েহে বেগৰ মানো সলনি নহয় (অৱশ্যে ভৰবেগৰ দিশ সলনি হ'ব পাৰে)। মন কৰা যে, ই বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ পৰা উদ্ভুত বল, $q\vec{E}$ৰ সদৃশ নহয়; গতিৰ সমান্তৰাল দিশত (অথবা সমান্তৰাল বিপৰীতমুখী দিশত) বৈদ্যুতিক বলৰ উপাংশ থাকিব পাৰে আৰু তাৰে ফলশ্ৰুতিত ভৰবেগৰ লগতে শক্তিৰো পৰিবৰ্তন হ'ব পাৰে।

এতিয়া আমি সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত আহিত কণাৰ গতিৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। পোনতে, $\vec{v}$ৰ দিশ $\vec{B}$ৰ লম্ব দিশত থকা বুলি ধৰি লোৱা হওক। গতিৰ লম্ব দিশত ক্ৰিয়াশীল $q\,\vec{v}\times\vec{B}$ বলে অভিকেন্দ্ৰিক বলৰ ভূমিকা পালন কৰে আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ লম্বভাৱে বৃত্তীয় গতি প্ৰৱৰ্তন কৰে। $\vec{v}$ আৰু $\vec{B}$ পৰস্পৰে লম্ব হ'লে আহিত কণা বৃত্তীয় গতিৰে ঘূৰিব (চিত্ৰ 4.5)।

$\vec{B}$ দিশত বেগৰ কোনো উপাংশ থাকিলে সি অপৰিৱৰ্তিত হৈ থাকিব; কিয়নো চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই ক্ষেত্ৰৰ সমান্তৰাল গতিক প্ৰভাৱান্বিত নকৰে। আকৌ, পূৰ্বৰ দৰেই $\vec{B}$ ৰ লম্ব সমতলত গতিৰ প্ৰকৃতি বৃত্তীয়। তেনেস্থলত মুঠ গতিৰ প্ৰকৃতি **সৰ্পিল কুণ্ডলীৰ সদৃশ (helical)** হ'ব (চিত্ৰ 4.6)।



চিত্ৰ 4.6 কুণ্ডলীয় (helical) গতি।

আগৰ শ্ৰেণীবোৰত শিকিছিলা যে (XI শ্ৰেণীৰ পাঠ্যপুথিৰ চতুৰ্থ অধ্যায় দ্ৰষ্টব্য) কোনো কণাৰ বৃত্তীয় পথৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ r হ'লে $m\,v^2/\,r$ মানৰ বল এটাই কণাৰ গতিৰ লম্ব দিশত বৃত্তৰ কেন্দ্ৰৰ ফালে ক্ৰিয়াশীল হয় আৰু এই বলকে অভিকেন্দ্ৰিক বল বুলি কোৱা হয়। বেগ $\vec{v}$ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ ৰ লম্ব দিশত থাকিলে চৌম্বিক বল $\vec{v}$ আৰু $\vec{B}$ উভয়ৰে লম্ব হয় আৰু অভিকেন্দ্ৰিক বলৰ ভূমিকা পালন কৰে। ইয়াৰ মান $q\,v\,B$। অভিকেন্দ্ৰিক বলৰ দুয়োটা প্ৰকাশ ৰাশি সমান কৰিলে,

$m\,v^2/r = q\,v\,B$, ইয়াৰ পৰা আমি পাওঁ

$$r = m\,v\,/\,qB \tag{4.5}$$

r হ'ল আহিত আধানে বৰ্ণনা কৰা বৃত্তৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ। ভৰবেগ বঢ়াৰ লগে লগে ব্যাসাৰ্দ্ধ বাঢ়ে আৰু ফলত বৃত্তটো ডাঙৰ হৈ যায়। বৃত্তীয় গতিৰ কৌণিক কম্পনাংক ω হ'লে $v = \omega\,r$। গতিকে

$$\omega = 2\pi\,\nu = q\,B/\,m \qquad [4.6(a)]$$

ই বেগ তথা শক্তি নিৰপেক্ষ। ইয়াত ν হ'ল কম্পনাংক। ঘূৰ্ণীত্বৰক যন্ত্ৰ (cyclotron) কাৰ্য প্ৰণালীত νৰ শক্তি নিৰপেক্ষতাৰ গুৰুত্বপূৰ্ণ প্ৰয়োগ হয় (4.4.2 অনুচ্ছেদ দ্ৰষ্টব্য)।

এটা প্ৰদক্ষিণ সম্পূৰ্ণ কৰিবলৈ প্ৰয়োজন হোৱা সময় $T = 2\pi/\omega \equiv 1/\nu$। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সমান্তৰালভাৱে বেগৰ উপাংশ থাকিলে ($v_{\parallel}$ ৰে চিহ্নিত) ই কণাক ক্ষেত্ৰৰ দিশেদি গতি কৰাব আৰু কণাৰ গতিপথে কুণ্ডলীৰ আকাৰ ধাৰণ কৰিব (চিত্ৰ 4.6)। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশত এটা প্ৰদক্ষিণ কালত অতিক্ৰম কৰা দূৰত্বক পিট্‌ছ (pitch) p বুলি কোৱা হয়। [4.6 (a)] সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

$$p = v_{\parallel}T = 2\pi m\,v_{\parallel}\,/\,q\,B \qquad [4.6(b)]$$

গতিৰ বৃত্তীয় উপাংশৰ ব্যাসাৰ্দ্ধক সৰ্পিল পথৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ বুলি কোৱা হয়।

উদাহৰণ

উদাহৰণ 4.3 ঃ 9×10^{-4} T মানৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ লম্ব দিশত 3×10^{7} m/s দ্ৰুতিৰে গতিশীল ইলেক্ট্ৰন এটাৰ (ভৰ 9×10^{-31} kg আৰু আধান 1.6×10^{-19} C) গতিপথৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ নিৰ্ণয় কৰা। ইয়াৰ কম্পনাংক কিমান? keV এককত ইয়াৰ শক্তি গণনা কৰা (1 eV $= 1.6 \times 10^{-19}$ J)।

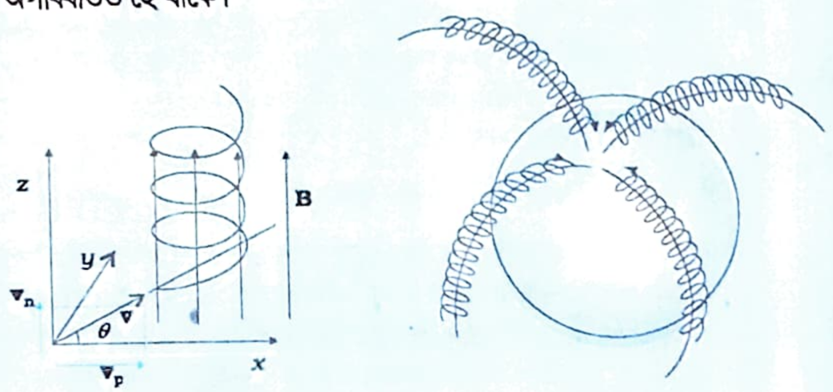
সমাধান ঃ (4.5) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

$$r = mv/(qB) = 9 \times 10^{-31}\ \text{kg} \times 3 \times 10^{7}\ \text{m s}^{-1} / (1.6 \times 10^{-19}\ \text{C} \times 6 \times 10^{-4}\ \text{T})$$
$$= 26 \times 10^{-2}\ \text{m} = 26\ \text{cm}$$
$$\nu = v/(2\pi r) = 2 \times 10^{6}\ \text{s}^{-1} = 2 \times 10^{6}\ \text{Hz} = 2\ \text{MHz}.$$
$$E = (\tfrac{1}{2})mv^2 = (\tfrac{1}{2})\, 9 \times 10^{-31}\ \text{kg} \times 9 \times 10^{14}\ \text{m}^2/\text{s}^2 = 40.5 \times 10^{-17}\ \text{J}$$
$$\approx 4 \times 10^{-16}\ \text{J} = 2.5\ \text{keV}.$$

আহিত কণাৰ সৰ্পিল কুণ্ডলীসদৃশ গতি আৰু উত্তৰ-মেৰুজ্যোতি (Helical Motion of Charged Particles and Aurora Borealis)

আলস্কা আৰু উত্তৰ কানাডাৰ দৰে ধ্ৰুৱীয় অঞ্চলবোৰৰ আকাশত ৰঙৰ মনোমোহা দৃশ্য দৃষ্টিগোচৰ হয়। কঁপি থকা সেউজ কমলা ৰঙৰ পোহৰ যেনেকৈ চমকপ্ৰদ তেনেকৈ ৰহস্যজনকো। অৱশ্যে, বৰ্তমান অধ্যায়ত পঢ়ি থকা বিষয়বস্তুসমূহৰ ওপৰত ভিত্তি কৰি এই প্ৰাকৃতিক পৰিঘটনাৰ ব্যাখ্যা দিব পাৰি।

ধৰা হওক, m ভৰ আৰু q আধানৰ এটা আহিত কণাই $\vec{v}$ প্ৰাৰম্ভিক বেগেৰে $\vec{B}$ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত প্ৰৱেশ কৰিছে। এই বেগৰ B ৰ দিশৰ উপাংশ হ'ল $\vec{v}_p$ আৰু $\vec{B}$ ৰ লম্ব দিশৰ উপাংশ হ'ল $\vec{v}_n$ । ক্ষেত্ৰৰ দিশত আহিত কণাৰ ওপৰত কোনো বল প্ৰয়োগ নহয়। সেয়েহে কণাই $\vec{v}_p$ বেগেৰে ক্ষেত্ৰৰ দিশেৰে নিজৰ গতি অব্যাহত ৰাখে। কণাৰ বেগৰ লম্ব উপাংশ $\vec{v}_n$ ৰ বাবে লৰেঞ্জৰ বলৰ ($\vec{v}_n \times \vec{B}$) আৱিৰ্ভাৱ ঘটে; এই বল $\vec{v}_n$ আৰু $\vec{B}$ উভয়ৰে লম্ব। গতিকে 4.3.1 অনুচ্ছেদত বৰ্ণনা কৰা মতে কণাই চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ লম্ব সমতলত বৃত্তীয় গতি প্ৰাপ্ত হয়। ক্ষেত্ৰৰ সমান্তৰাল গতিৰ সৈতে এই গতি সংযোজিত হৈ কণাৰ গতিপথক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ দিশত সৰ্পিল কুণ্ডলী আকৃতিৰ ৰূপ দিয়ে। ইয়াত তলৰ (a) চিত্ৰত দেখুৱা হৈছে। ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ বেঁকা হৈ গ'লেও কুণ্ডলী আকাৰৰ গতিপথেৰে আগবঢ়া কণাবোৰ ফান্দত সোমাই পৰে আৰু ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ চাৰিওফালে ঘূৰি ঘূৰি অগ্ৰসৰ হ'বলৈ বাধ্য হয়। যিহেতু প্ৰত্যেক বিন্দুতে লৰেঞ্জৰ বল বেগৰ দিশৰ লম্ব, গতিকে ক্ষেত্ৰই কণাৰ ওপৰত কোনো কাৰ্য সম্পাদন নকৰে আৰু ফলত বেগৰ মান অপৰিৱৰ্তিত হৈ থাকে।



(a) (b)

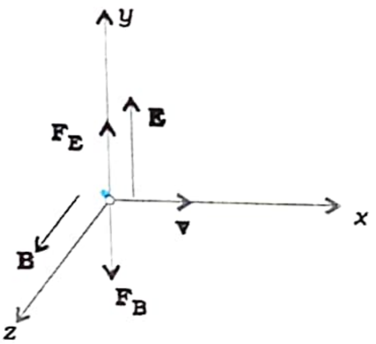
সূৰ্যত অগ্নি-শিখা (Solar flare) উদ্গীৰণ হ'লে সূৰ্যৰ পৰা বহু সংখ্যক ইলেক্ট্ৰন আৰু প্ৰ'টন নিৰ্গত হয়। তাৰে কিছুমানে পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ কবলত পৰি ক্ষেত্ৰ ৰেখাৰ সাপেক্ষে কুণ্ডলী আকাৰৰ গতিপথেৰে গমন কৰে। চৌম্বিক মেৰুৰ সমীপত ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ পৰস্পৰ কাষ চাপি আহে; (b) চিত্ৰলৈ মন কৰা। গতিকে মেৰুৰ সমীপত আধানৰ ঘনত্ব বাঢ়ি যায়। এই কণাবোৰে বায়ুমণ্ডলৰ পৰমাণু আৰু অণুবোৰক খুন্দা মাৰে। উত্তেজিত অক্সিজেন পৰমাণুৰ পৰা সেউজীয়া পোহৰ আৰু উত্তেজিত নাইট্ৰ'জেন পৰমাণুৰ পৰা কমলা পোহৰ বিকিৰিত হয়। এই পৰিঘটনাকেই পদাৰ্থ বিজ্ঞানত উত্তৰ-মেৰুজ্যোতি বুলি কোৱা হয়।

4.4 সংযোজিত বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত গতি (Motion in Combined Electric and Magnetic Fields)

4.4.1 বেগ নিৰ্বাচক (Velocity selector)

আমি জানো যে $\vec{v}$ বেগেৰে গতিশীল q আধান এটা বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উপস্থিতিত (4.3) সমীকৰণত উল্লেখিত ধৰণে এটা বলৰ কবলত পৰে; অৰ্থাৎ

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = \vec{F}_E + \vec{F}_B$$



চিত্ৰ 4.7

আমি ধৰি ল'ম যে বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ পৰস্পৰ লম্ব; লগতে উভয়ে কণাৰ বেগৰ লগতো লম্ব। এই সৰল অৱস্থাটো (4.7) চিত্ৰত দেখুৱা হৈছে। ইয়াত,

$$\vec{E} = E\hat{j}, \quad \vec{B} = B\hat{k} \quad \vec{v} = v\hat{i}$$

$$\vec{F} = q\vec{E} = qE\hat{j}, \quad \vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B} = q\left(v\hat{i} \times B\hat{k}\right) = -qB\hat{j}$$

গতিকে, $\vec{F} = q(E - vB)\hat{j}$

আমি দেখিলোঁ যে, বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক বল বিপৰীতমুখী (4.7) চিত্ৰ দ্ৰষ্টব্য)। এতিয়া ধৰা হওক $\vec{E}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ মান এনে ধৰণে মিলোৱা হৈছে যাতে এই বল দুটা সমান মানৰ হয়। তেনে ক্ষেত্ৰত কণাৰ ওপৰত মুঠ বল শূন্য হ'ব আৰু সি ক্ষেত্ৰৰ মাজেৰে বিচ্যুতিহীনভাৱে গতি কৰিব। এই স্বৰ্ত সিদ্ধ হ'ব যেতিয়া,

$$qE = qvB \quad \text{or} \quad v = \frac{E}{B} \tag{4.7}$$

আহিত কণাৰ সোঁতত থকা বিভিন্ন বেগৰ আধানবোৰৰ মাজৰ পৰা (আধান আৰু ভৰ নিৰপেক্ষভাৱে) এক বিশেষ বেগৰ আধান বাছি উলিয়াবলৈ এই স্বৰ্ত প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি। গতিকে, লম্বভাৱে সংস্থাপিত বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই বেগ নিৰ্বাচক হিচাপে কাৰ্যকৰী হ'ব। যিবোৰ কণাৰ বেগ E/B ৰ সমান সেইবোৰহে লম্বভাৱে সংস্থাপিত ক্ষেত্ৰ দুখনৰ মাজেৰে বিচ্যুতিবিহীনভাৱে পাৰ হৈ যাব। 1897 চনত ইলেক্ট্ৰনৰ আধান আৰু ভৰৰ অনুপাত (e/m) নিৰ্ণয় কৰিবলৈ জে জে টমচনে (J.J. Thomson) এই পদ্ধতিটো প্ৰয়োগ কৰিছিল। ভৰ-বৰ্ণালী মিটাৰত (Mass Spectrometer) এই নীতিৰ প্ৰয়োগ হয়। এই যন্ত্ৰত সাধাৰণতে আ'য়নৰ (Ion) ৰূপত থকা আধানযুক্ত কণাক ভৰ অনুসৰি পৃথকীকৰণ কৰা হয়।

4.4.2 ঘূৰ্ণীত্বৰক (Cyclotron)

ঘূৰ্ণীত্বৰক হ'ল এবিধ যন্ত্ৰ য'ত আধানযুক্ত কণা বা আ'য়নক উচ্চ শক্তিলৈ ত্বৰিত কৰা হয়। নিউক্লিয়াছৰ গঠন সম্বন্ধে অনুসন্ধান চলাবলৈ 1934 চনত লৰেন্স (E. O. Lawrence) আৰু লিভিংষ্টনে (M.S. Livingstone) এই যন্ত্ৰ সাজি উলিয়াইছিল। ঘূৰ্ণীত্বৰকত আধানযুক্ত কণাৰ শক্তি-বৃদ্ধিৰ বাবে যৌথভাৱে বৈদ্যুতিক আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰা হয়। ক্ষেত্ৰ দুখন পৰস্পৰ লম্ব বাবে সিহঁতক ক্ৰছ ক্ষেত্ৰ (cross field) বুলি কোৱা হয়। ঘূৰ্ণীত্বৰকত ব্যৱহাৰ হোৱা মূলনীতিটো হ'ল ঃ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত আধানযুক্ত কণাই বৰ্ণনা কৰা বৃত্তীয় গতিৰ কম্পনাংক কণাৰ নিজৰ শক্তিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। কণাবোৰ অধিকাংশ সময় দুটা অৰ্দ্ধবৃত্তাকাৰ কাঁহীসদৃশ আৰু ধাতুৰে নিৰ্মিত পাত্ৰৰ (D_1 আৰু D_2) ভিতৰতে সোমাই থাকে। দেখাত ইংৰাজী বৰ্ণমালাৰ D আখৰটোৰ দৰে হোৱা বাবে পাত্ৰ দুটাৰ নাম ডী (Dee)। 4.8 চিত্ৰত ঘূৰ্ণীত্বৰক এটাৰ নক্সা দেখুৱা হৈছে। ধাতুৰ আৱৰণে ঢাল হিচাপে কাম কৰে বাবে পাত্ৰৰ অন্তৰ্ভাগত কণাৰ ওপৰত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰই প্ৰভাৱ পেলাব নোৱাৰে। কিন্তু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱ অক্ষুন্ন থাকিব আৰু সেই বাবেই কণাবোৰে ডীৰ ভিতৰত বৃত্তীয় গতি লাভ কৰিব। প্ৰত্যেকবাৰ এটা ডীৰ পৰা ওলাই আনটোত প্ৰৱেশ কৰোঁতে কণাবোৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ কবলত পৰে। কণাৰ বৃত্তীয় গতিৰ লগত সংগতি ৰাখি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ পালমতে সলনি কৰি থকা হয়। ফলত কণাবোৰ সদায়ে ত্বৰিত হোৱাটো নিশ্চিত হয়। ত্বৰিত হোৱাৰ লগে লগে

Cyclotron
Interactive demonstration:
http://www.phy.ntnu.edu.tw/ntnujava/viewtopic.php?t=50

PHYSICS

অৱশ্যাম্ভাৱীভাৱে কণাবোৰৰ শক্তিৰো বৃদ্ধি হয়। শক্তি বঢ়াৰ লগে লগে বৃত্তীয় পথৰ ব্যাসাৰ্দ্ধও বাঢ়ে। গতিক পথৰ আকৃতি ক্ৰম প্ৰসাৰিত কুণ্ডলী সদৃশ হয়গৈ।

আয়ন আৰু বায়ুৰ অণুবোৰৰ মাজৰ সংঘাতৰ সংখ্যা ন্যূনতম কৰিবলৈ সমুদায় ব্যৱস্থাটো বায়ুশূন্য প্ৰকোষ্ঠত প্ৰতিস্থাপিত কৰা হয়। ডীৰ সৈতে উচ্চ কম্পনাংকৰ পৰিবৰ্তী বিভৱ সংযোগ কৰা হয়। 4.8 চিত্ৰৰ নক্সাত P কেন্দ্ৰত ধনাত্মক আয়ন অথবা ধনাত্মক আধানযুক্ত (যেনে প্ৰ'টন) কণা কিছুমান এৰি দিয়া হৈছে। তাৰে এটা ডীৰ ভিতৰত অৰ্ধ-বৃত্তাকাৰ পথেৰে পৰিভ্ৰমণ কৰি কণাবোৰ $T/2$ সময়ৰ অন্তৰালত ডী দুটাৰ মাজৰ ফাঁকটোত উপস্থিত হ'ব; T হ'ল বৃত্তীয় গতিৰ পৰ্যায়কাল, ইয়াৰ প্ৰকাশৰাশি (4.6) সমীকৰণৰ পৰা পাব পাৰি

$$T = \frac{1}{\nu_c} = \frac{2\pi m}{qB}$$

$$\text{বা } \nu_c = \frac{qB}{2\pi m} \tag{4.8}$$

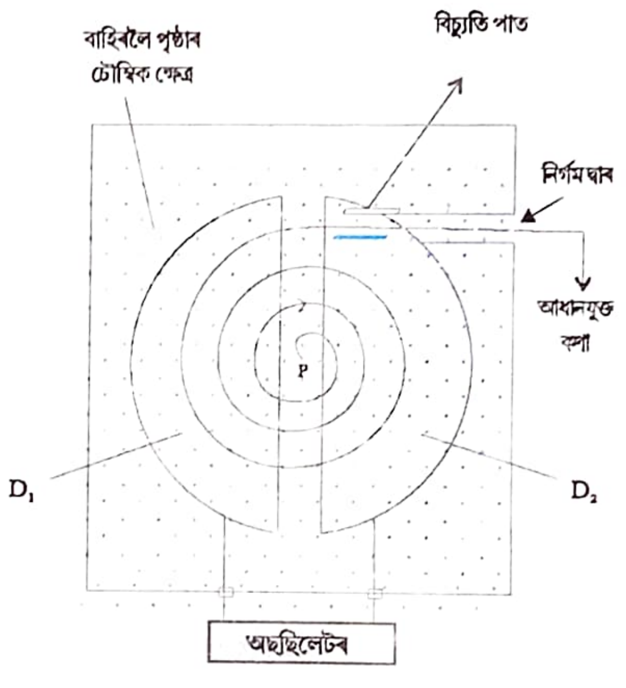
দেখদেখ্ কাৰণত এই কম্পনাংকৰ নাম হ'ল চাইক্ল'ট্ৰন কম্পনাংক আৰু ν_c চিহ্নেৰে ইয়াক বুজোৱা হয়।

প্ৰযুক্ত বিভৱৰ কম্পনাংক ν_a ক এনেদৰে মিলোৱা হয় যাতে আয়নবোৰে এটা পৰিভ্ৰমণৰ অৰ্ধেক সম্পূৰ্ণ কৰাৰ লগে লগে ডী দুটাৰ ধনাত্মক আৰু ঋণাত্মক অৱস্থাৰ সাল-সলনি ঘটে। $\nu_a = \nu_c$ স্বৰ্তটোক অনুনাদ (resonance) বুলি কোৱা হয়। ধনাত্মক আয়নবোৰ D_1 ৰ প্ৰান্তত উপস্থিত হোৱাৰ সময়ত যাতে D_2 ৰ বিভৱ কমি থাকে তাৰ বাবে শক্তি যোগান ব্যৱস্থা পৰিবৰ্তী কৰা হয়। এনে অৱস্থাতহে আয়নবোৰ ত্বৰিত হ'ব। ডীৰ অন্তৰ্ভাগত কণাবোৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱৰ পৰা মুক্ত হৈ থাকে। প্ৰত্যেকবাৰ এটা ডীৰ পৰা ওলাই আনটোত প্ৰৱেশ কৰোঁতে সিহঁতৰ গতিশক্তিৰ বৃদ্ধিৰ পৰিমাণ হ'ব qV (V হ'ল সেই মুহূৰ্তত ডীৰ মাজৰ বিভৱান্তৰ)। (4.5) সমীকৰণৰ পৰা ই স্পষ্ট যে প্ৰত্যেকবাৰ গতিশক্তিৰ বৃদ্ধিৰ ফলশ্ৰুতিত সিহঁতৰ বৃত্তীয় গতিৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰো বৃদ্ধি ঘটিব। কণাৰ বৃত্তীয় গতিৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ D ৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰ ওচৰ নচপালেকে ডী দুটাৰ মাজত কণাবোৰে বাৰংবাৰ ত্বৰিত হৈ শক্তি আহৰণ কৰি থাকিব। তাৰ পিছত সিহঁতক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ দ্বাৰা বিচ্যুত কৰি বৰ্হিগমন দ্বাৰ এখনেদি প্ৰণালীটোৰ পৰা বাহিৰ কৰি দিয়া হয়। (4.5) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ

$$v = \frac{qBR}{m} \tag{4.9}$$

ইয়াত R হ'ল নিৰ্গমদ্বাৰত ব্যাসাৰ্দ্ধৰ মান আৰু ই D ৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰ সমান। গতিকে, আয়নৰ গতিশক্তি হ'ল—

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{q^2B^2R^2}{2m} \tag{4.10}$$



চিত্ৰ 4.8 ঘূৰ্ণীত্বৰকৰ নক্সা-চিত্ৰ। দোলক P ত আধানযুক্ত কণা অথবা আয়নৰ উৎস এটা সংস্থাপিত। লম্ব দিশত থকা সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত কণাবোৰ D_1 আৰু D_2 ডীৰ ভিতৰত বৃত্তাকাৰ পথেৰে ঘূৰে। পৰিবৰ্তী বিভৱৰ উৎস এটাই ইহঁতক উচ্চ মানৰ দ্ৰুতি প্ৰদান কৰে। অৱশেষত আধানযুক্ত কণা বা আয়নবোৰক নিৰ্গম দ্বাৰেদি বাহিৰলৈ উলিয়াই দিয়া হয়।

ঘূৰ্ণীত্বৰকৰ কাৰ্যনীতি হ'ল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত আধানৰ পৰিভ্ৰমণ কাল দ্ৰুতি আৰু কক্ষৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ নকৰে। ত্বৰিত হোৱা শক্তিশালী কণাৰে নিউক্লিয়াছবোৰ আঘাট কৰিবলৈ ঘূৰ্ণীত্বৰক ব্যৱহাৰ হয়। আঘাতৰ ফলশ্ৰুতিত সংঘটিত নিউক্লীয় বিক্ৰিয়াবোৰৰ অধ্যয়ন এনেবোৰ পৰীক্ষাৰ মূল উদ্দেশ্য। গোটা পদাৰ্থত আয়নৰ প্ৰতিষ্ঠাপনৰ যোগেদি সিহঁতৰ ধৰ্মৰ পৰিবৰ্তন আৰু আনকি

নতুন পদাৰ্থৰ সংশ্লেষণ কৰিবলৈকো ঘূৰ্ণীত্বৰকৰ দ্বাৰা ত্বৰিত কণাৰ সহায় লোৱা হয়। চিকিৎসাৰ ক্ষেত্ৰত ৰোগ নিৰ্ণয় আৰু নিৰাময়ৰ বাবে তেজস্ক্ৰিয় পদাৰ্থৰ সৃষ্টিৰ বাবেও এইবিধ যন্ত্ৰ ব্যৱহাৰ হয়।

উদাহৰণ 4.4

উদাহৰণ 4.4 : ঘূৰ্ণীত্বৰক এটাৰ দোলন কম্পনাংক 10 MHz। প্ৰ'টনৰ ত্বৰণৰ বাবে কাৰ্যকৰী চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান হোৱা উচিত? ডীৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ 60 cm হ'লে ত্বৰকে উৎপন্ন কৰা প্ৰ'টনৰ ৰশ্মিগুচ্ছৰ গতিশক্তি (MeV এককত) কিমান হ'ব?

(e =1.60 × 10^{-19} C, m_p = 1.67 × 10^{-27} kg, 1 MeV = 1.6 × 10^{-13} J).

সমাধান : দোলকৰ কম্পনাংকে আৰু প্ৰ'টনৰ চাইক্লট্ৰন কম্পনাংকে একে হ'ব লাগিব। (4.5) আৰু [4.6(a)] সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি আমি পাওঁ

$B = 2\pi \; m\,\nu/q$ =6.3 ×1.67 × 10^{-27} × 10^7 / (1.6 × 10^{-19}) = 0.66 T

প্ৰ'টনবোৰৰ অন্তিম বেগ

$v = r \times 2\pi\nu$ = 0.6 m × 6.3 ×10^7 = 3.78 × 10^7 m/s.

$E = ½\, mv^2$ = 1.67 ×10^{-27} × 14.3 × 10^{14} / (2 × 1.6 × 10^{-13}) = 7 MeV.

ভাৰতবৰ্ষৰ ত্বৰক (Accelerators in India)

ত্বৰক ভিত্তিক গৱেষণাত আৰম্ভণতে ভৰি দিয়া দেশসমূহৰ ভিতৰত ভাৰতবৰ্ষ অন্যতম। ড° মেঘনাথ সাহাৰ পৰিকল্পনাৰ ফলশ্ৰুতিত 1953 চনতেই কলকতাৰ সাহা নিউক্লীয় পদাৰ্থ বিজ্ঞান প্ৰতিষ্ঠানত (Saha Institute of Nuclear Physics) 32" ৰ ঘূৰ্ণীত্বৰক এটা সংস্থাপিত হৈছিল। ইয়াৰ কিছুদিন পিছতেই মুম্বাইৰ টাটা বুনিয়াদী গৱেষণা প্ৰতিষ্ঠান (Tata Institute of Fundamental Research) (TIFR) আলীগড়ৰ আলীগড় মুছলিম বিশ্ববিদ্যালয় (AMU), কলকাতাৰ বো'স প্ৰতিষ্ঠান (Bose Institute) আৰু ৱাল্টায়াৰৰ অন্ধ্ৰ বিশ্ববিদ্যালয়ত কক্‌ৰফ্‌ট-ৱালটন (Cockroft-Walton) শ্ৰেণীৰ ত্বৰক সংস্থাপিত হয়।

ষাঠিৰ দশকত ভালেমান ভেন্ ডি গ্ৰাফ (Van de Graaff) ত্বৰক কাৰ্যক্ষম হৈ উঠে। মুম্বাইৰ ভাবা পাৰমাণৱিক গৱেষণা কেন্দ্ৰৰ (Bhabha Atomic Research Centre) (BARC) 5.5 MV প্ৰান্তীয় যন্ত্ৰ (1963), কাণপুৰৰ ভাৰতীয় প্ৰদ্যোগীক প্ৰতিষ্ঠানৰ (IIT) 2 MV প্ৰান্তীয় যন্ত্ৰ, বাৰাণসীৰ বাৰাণসী হিন্দু বিশ্ববিদ্যালয় (BHU) আৰু পাতিয়ালাৰ পাঞ্জাবী বিশ্ববিদ্যালয়ৰ 400 kV প্ৰান্তীয় যন্ত্ৰ। চণ্ডীগড়ৰ পঞ্জাৱ বিশ্ববিদ্যালয়ত যুক্তৰাষ্ট্ৰৰ (USA) ৰকেষ্টাৰ বিশ্ববিদ্যালয়ে দান কৰা 66 cm ৰ ঘূৰ্ণীত্বৰক এটা কাৰ্যক্ষম হৈ উঠে। পুণেৰ পুণে বিশ্ববিদ্যালয়তো এটা সৰু ইলেক্ট্ৰন ত্বৰক সংস্থাপন কৰা হয়।

সত্তৰ আৰু আশীৰ দশকৰ এক গুৰুত্বপূৰ্ণ প্ৰচেষ্টাৰ অন্তত কলকাতাৰ পৰিবৰ্তনশীল শক্তি ঘূৰ্ণীত্বৰক কেন্দ্ৰত (Variable Energy Cyclotron Centre) (VECC) সম্পূৰ্ণ স্বদেশী প্ৰযুক্তিৰে এটা পৰিবৰ্তনশীল শক্তিৰ ঘূৰ্ণীত্বৰক সাজি উলিওৱা হয়। একে সময়তে BARC ত এটাৰ পিছত এটাকে জুটি লগোৱা 2MV ভেন্ ডি গ্ৰাফ (Tandem Van de Graff) ত্বৰকৰ নক্সা তৈয়াৰ কৰাৰ পৰা কাৰ্যক্ষম কৰালৈকে সকলোখিনি সম্পন্ন কৰা হয়। তদুপৰি TIFR ত এটাৰ পিছত এটাকে জুটি লগোৱা 14MV ৰ এটা পেলেট্ৰ'ন (Tandem Palletron) প্ৰতিষ্ঠা কৰা হয়।

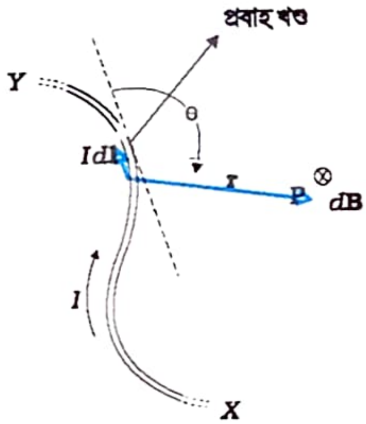
ইয়াৰ কিছুদিন পিছতেই নতুন দিল্লীত বিশ্ববিদ্যালয় অনুদান আয়োগে (UGC) বিশ্ববিদ্যালয়বোৰৰ সামূহিক সুবিধা হিচাপে গঢ়ি তোলা আন্তঃবিশ্ববিদ্যালয় ত্বৰক কেন্দ্ৰত (Inter University Accelerator Centre, IUAC) 15 MV ৰ এটাৰ পিছত এটাকে জুটি লগোৱা এটা পেলেট্ৰ'ন প্ৰতিষ্ঠা কৰে। প্ৰায় একে সময়তে ভুৱনেশ্বৰৰ পদাৰ্থবিজ্ঞান প্ৰতিষ্ঠানত (Institute of Physics) 3 MV ৰ এটাৰ পিছত এটাকে জুটি লগোৱা পেলেট্ৰ'ন, হায়দৰাবাদৰ পাৰমাণৱিক ধাতুৰ অন্বেষণ আৰু গৱেষণা সঞ্চালকালয় আৰু কালপক্কমৰ ইন্দিৰা গান্ধী পৰমাণু গৱেষণা কেন্দ্ৰত 1.7 MV ৰ দুটা টেণ্ডেট্ৰ'নৰ (Tandetron) প্ৰতিষ্ঠাপন হয়। ইতিমধ্যে TIFR আৰু IUAC উভয় প্ৰতিষ্ঠানতে অতি পৰিবাহী LINAC module ব্যৱহাৰ কৰি আয়নক অধিক শক্তিলৈ ত্বৰান্বিত কৰাৰ ব্যৱস্থাক অধিক কাৰ্যক্ষম কৰা হৈছে।

এইবোৰ আয়ন ত্বৰকৰ ওপৰঞ্চি পৰমাণু শক্তি বিভাগে (Department of Atomic Energy, DAE) বহুতো ইলেক্ট্ৰন ত্বৰক সাজি উলিয়াইছে। ইণ্ডোৰৰ ৰাজা ৰামান্না বিকশিত প্ৰযুক্তিৰ কেন্দ্ৰত (Centre for Advanced Technologies) 2 GeV ৰ এটা চিনক্ৰট্ৰ'ন বিকিৰণ উৎস (Syncnrotron radiation Source) নিৰ্মাণ কৰা হৈছে।

পৰমাণু শক্তি বিভাগে শক্তি উৎপাদন আৰু পাৰমাণৱিক বিদাৰণসাধ্য পদাৰ্থৰ প্ৰজননৰ বাবে ত্বৰকৰ দ্বাৰা সঞ্চালিত প্ৰণালীৰ (Accelerator Driven Systems,ADS) ভৱিষ্যত পৰিকল্পনাৰ কথা বিবেচনা কৰিছে।

4.5 প্ৰবাহ খণ্ডৰ হেতু চৌম্বক ক্ষেত্ৰ, বায়'-চাভাৰ্ট সূত্ৰ (Magnetic Field due to a Current Element, Biot-Savart Law)

আমি জানো যে সকলোবোৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উৎপত্তিৰ কাৰণ হ'ল প্ৰবাহ (অথবা গতিশীল আধান) আৰু কণাৰ স্বকীয় চৌম্বিক ভ্ৰামক (magnetic moment)। এতিয়া আমি প্ৰবাহ আৰু তাৰ ফলত উৎপন্ন হোৱা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰত এইখিনিৰ উল্লেখ আছে। 4.9 চিত্ৰত I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই নিয়া অৱস্থাত এডাল সসীম দৈৰ্ঘ্যৰ পৰিবাহী XY দেখুওৱা হৈছে। পৰিবাহীৰ এক ক্ষুদ্ৰাতিক্ষুদ্ৰ অংশ $d\vec{l}$ বিবেচনা কৰা। এই খণ্ডটোৰ বাবে তাৰ পৰা r দূৰত্বত অৱস্থিত P বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $d\vec{B}$ নিৰ্ণয় কৰিব লাগে। ধৰা হওক, dl আৰু সৰণ ভেক্টৰ $\vec{r}$ ৰ মাজৰ কোণ θ। বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰ অনুসৰি চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $d\vec{B}$ ৰ মান, প্ৰবাহ I আৰু খণ্ডৰ দৈৰ্ঘ্য $|d\vec{l}|$ ৰ সমানুপাতিক আৰু দূৰত্ব r ৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিক। ইয়াৰ দিশ $d\vec{l}$ আৰু $\vec{r}$ অৱস্থিত সমতলৰ লম্ব। গতিকে, ভেক্টৰ ৰূপত



চিত্ৰ 4.9 I dl r. ⊗

$$d\vec{B} \propto \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} \qquad [4.11(a)]$$

ইয়াত $\mu_0/4\pi$ হ'ল এটা সমানুপাতিক ধ্ৰুৱক। বায়ু শূন্য অৱস্থাতহে ওপৰৰ সম্পৰ্ক প্ৰযোজ্য।
এই ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ল

$$|d\vec{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i d\vec{l} \sin\theta}{r^2} \qquad [4.11(b)]$$

ইয়াত আমি ভেক্টৰৰ ক্ৰ'ছ পূৰণৰ নিয়ম প্ৰয়োগ কৰিছোঁ। 4.11 (a) সমীকৰণ হ'ল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মূল সমীকৰণ। SI এককত সমানুপাতিক ধ্ৰুৱকৰ সঠিক মান হ'ল

$$\frac{\mu_0}{4\pi} = 10^{-7} \, \mathrm{Tm/A} \qquad [4.11(c)]$$

μ_0 ৰ নাম হ'ল মুক্ত অঞ্চলৰ (বা বায়ু শূন্য স্থানৰ) প্ৰৱেশ্যতা।

স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ কুলম্বৰ সূত্ৰৰ সৈতে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰৰ কিছুমান সাদৃশ্য আৰু লগতে কিছুমান প্ৰভেদো আছে। এইবোৰৰ কেইটামান হ'ল ঃ

(i) যিহেতু দুয়োবিধ ক্ষেত্ৰই উৎস বিন্দুৰ পৰা ক্ষেত্ৰ বিন্দুৰ দূৰত্বৰ বৰ্গৰ ব্যস্তানুপাতিক গতিকে দুয়োবিধেই সুদূৰপ্ৰসাৰী। উপৰিপতন নীতি উভয়ৰে ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য। এই সন্দৰ্ভত মন কৰা যে স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ তাৰ উৎস বৈদ্যুতিক আধানৰ ওপৰত ৰৈখিকভাৱে নিৰ্ভৰশীল হোৱাৰ দৰে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰও উৎস $i d\vec{l}$ ৰ ওপৰত ৰৈখিকভাৱে নিৰ্ভৰশীল।

(ii) বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ উৎস হ'ল এবিধ স্কেলাৰ উৎস অৰ্থাৎ বৈদ্যুতিক আধানে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে। আনহাতে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ উৎপন্ন হয় $i d\vec{l}$ ভেক্টৰ উৎসৰ পৰা।

$d\vec{l} \times \vec{r}$ ৰে টোৱাই থকা দিশ সোঁহাতৰ স্ক্ৰুৰ নিয়ম প্ৰয়োগৰ দ্বাৰা পাবি ঃ $d\vec{l}$ আৰু ভেক্টৰ থকা সমতলখনলৈ মন কৰা। প্ৰথম ভেক্টৰটোৰ পৰা দ্বিতীয়টোলৈ যাত্ৰা কৰিছা বুলি মনতে ভাবা। গতি ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীতে হ'লে লব্ধ ভেক্টৰে তোমাৰ দিশলৈ মূৰ কৰি থাকিব। ই ঘড়ীৰ কাঁটাৰ দিশত হ'লে লব্ধ ভেক্টৰে তোমাৰ পৰা আঁতৰলৈ মূৰ কৰি থাকিব।

(iii) উৎস আৰু ক্ষেত্ৰ বিন্দু সংযোগী সৰণ ভেক্টৰে বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ সূচায়। কিন্তু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ, সৰণ ভেক্টৰ $\vec{r}$ আৰু প্ৰবাহ খণ্ড $Id\vec{l}$ অৱস্থিত সমতলৰ লম্ব।

(iv) বায়'-চাৰ্ভাৰ্টৰ সূত্ৰত কোণৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীলতা বিদ্যমান; কিন্তু স্থিতিবৈদ্যুতিকত এনে স্বৰ্ত নাথাকে। 4.9 চিত্ৰত $d\vec{l}$ ৰ দিশত (ছিন্ন ৰেখা) যিকোনো বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ শূন্য। এই ৰেখাত $\theta = 0$, $\sin\theta = 0$ আৰু [4.11(b)] সমীকৰণৰ পৰা $|d\vec{B}| = 0$।

মুক্ত অঞ্চলৰ ε_0 আৰু মুক্ত অঞ্চলৰ প্ৰবেশ্যতা μ_0 আৰু শূন্য স্থানত পোহৰৰ দ্ৰুতি c ৰ মাজত এটা উল্লেখনীয় সম্পৰ্ক আছে ঃ

$$\varepsilon_0\mu_0 = (4\pi\varepsilon_0)\left(\frac{\mu_0}{4\pi}\right) = \left(\frac{1}{9\times10^9}\right)(10^{-7}) = \frac{1}{(3\times10^8)^2} = \frac{1}{c^2}$$

বিদ্যুত চুম্বকীয় তৰংগৰ আলোচনা কৰোঁতে অষ্টম অধ্যায়ত আমি এই বিষয়ে বিশদভাৱে আলোচনা কৰিম। যিহেতু শূন্য স্থানত পোহৰৰ দ্ৰুতি ধ্ৰুৱক, গতিকে গুণফল $\mu_0\varepsilon_0$ ৰ মান নিৰ্ধাৰিত। ε_0 অথবা μ_0 ৰ যিকোনো এটাৰ মান নিৰ্বাচিত কৰিলে আনটোৰ মান নিৰ্ধাৰিত হৈ যায়। SI এককত μ_0 ৰ মান $4\pi \times 10^{-7}$ বুলি নিৰ্ধাৰিত কৰা হৈছে।

উদাহৰণ 4.5 ঃ মূল বিন্দুত খণ্ড $\Delta\vec{l} = \Delta x\,\hat{\mathbf{i}}$ এটা পৰিবাহী খণ্ড সংস্থাপিত হৈছে আৰু ই $I = 10$ A পৰিমাণৰ এক বৃহৎ প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে (চিত্ৰ 4.10)। y অক্ষৰ ওপৰত 0.5 m দূৰত্বত অৱস্থিত বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান? $\Delta x = 1$ cm।

চিত্ৰ 4.10

সমাধান ঃ

$$|d\vec{B}| = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\,dl\sin\theta}{r^2}$$ [(4.11) সমীকৰণ ব্যৱহাৰ কৰি]

$dl = \Delta x = 10^{-2}$ m , $I = 10$ A, $r = 0.5$ m $= y$, $\mu_0/4\pi = 10^{-7}\,\frac{\text{T m}}{\text{A}}$

$\theta = 90°$; $\sin\theta = 1$

$$|d\vec{B}| = \frac{10^{-7}\times10\times10^{-2}}{25\times10^{-2}} = 4\times10^{-8}\ \text{T}$$

ক্ষেত্ৰৰ দিশ +z অক্ষই সূচায়, কিয়নো

$$d\mathbf{l}\times\mathbf{r} = \Delta x\,\hat{\mathbf{i}}\times y\,\hat{\mathbf{j}} = y\,\Delta x\left(\hat{\mathbf{i}}\times\hat{\mathbf{j}}\right) = y\,\Delta x\,\hat{\mathbf{k}}$$

ক্ৰ'চ-পূৰণৰ নিম্নোক্ত চক্ৰীয় ধৰ্ম মনত পেলোৱা

$$\hat{\mathbf{i}}\times\hat{\mathbf{j}} = \hat{\mathbf{k}};\ \hat{\mathbf{j}}\times\hat{\mathbf{k}} = \hat{\mathbf{i}};\ \hat{\mathbf{k}}\times\hat{\mathbf{i}} = \hat{\mathbf{j}}$$

মন কৰা যে ক্ষেত্ৰৰ মান সৰু।

উদাহৰণ 4.5

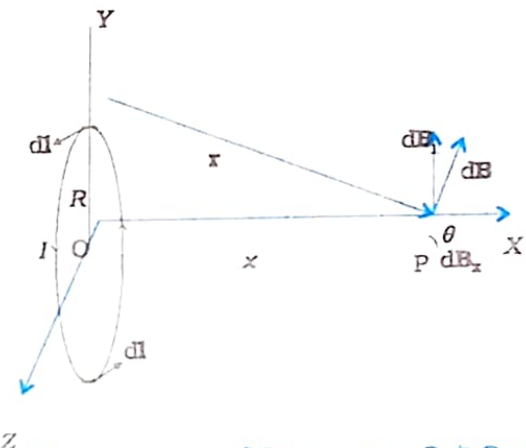
পৰৱৰ্তী অনুচ্ছেদত বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ দ্বাৰা উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত গণনাৰ বাবে আমি বায়'চাভাৰ্টৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিম।

4.6 বৃত্তাকাৰ প্ৰবাহ কুণ্ডলীৰ অক্ষত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ (Magnetic Field on the Axis of a Circular Current Loop)

এই অনুচ্ছেদত বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ বাবে তাৰ অক্ষত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰা হ'ব। এই নিৰ্ণয়ত পূৰ্বৱৰ্তী অনুচ্ছেদত উল্লেখ কৰি অহা ক্ষুদ্ৰাতিক্ষুদ্ৰ প্ৰবাহ খণ্ডবোৰ যোগ কৰাৰ প্ৰয়োজন হ'ব। আমি ধৰি ল'ম যে প্ৰবাহ I সুস্থিৰ আৰু গণনাকাৰ্য মুক্ত অঞ্চলত (অৰ্থাৎ শূন্যস্থানত) কৰা হৈছে।

4.11 চিত্ৰত সুস্থিৰ প্ৰবাহ I কঢ়িয়াই নিয়া অৱস্থাত এটা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী দেখুৱা হৈছে। কেন্দ্ৰ মূলবিন্দুত অৱস্থিত হোৱাকৈ কুণ্ডলীটোক y-z সমতলত প্ৰতিস্থাপিত কৰা হৈছে আৰু তাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ হ'ল R। x-অক্ষ হ'ল কুণ্ডলীৰো অক্ষ। এই অক্ষত অৱস্থিত P বিন্দুত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব বিচৰা হৈছে। ধৰি লওঁ, কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰ O ৰ পৰা P ৰ দূৰত্ব x।

কুণ্ডলীৰ পৰিবাহী খণ্ড এটা বিবেচনাৰ বাবে লোৱা। ইয়াক 4.11 চিত্ৰত চিহ্নিত কৰা হৈছে। $d\vec{l}$ ৰ বাবে উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান $d\vec{B}$ বায়'চাভাৰ্টৰ সূত্ৰৰ পৰা পোৱা যায় [4.11(a) সমীকৰণ] ঃ



চিত্ৰ 4.11 R ব্যাসাৰ্দ্ধবিশিষ্ট আৰু প্ৰবাহ কঢ়িয়াই নিয়া বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ অক্ষত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $d\vec{B}$ (ৰেখা খণ্ড $d\vec{l}$ ৰ বাবে), আৰু অক্ষ আৰু তাৰ লম্ব দিশত $d\vec{B}$ ৰ উপাংশ চিত্ৰত দেখুৱা হৈছে।

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\left|d\vec{l}\times\vec{r}\right|}{r^3} \qquad (4.12)$$

এতিয়া $r^2 = x^2 + R^2$। তদুপৰি, কুণ্ডলীৰ যিকোনো খণ্ড, খণ্ডটোৰ পৰা অক্ষীয় বিন্দুলৈ সৰণ ভেক্টৰৰ লম্ব। উদাহৰণ স্বৰূপে, 4.11 চিত্ৰত $d\vec{l}$ খণ্ড y-z সমতলত অৱস্থিত, কিন্তু $d\vec{l}$ ৰ পৰা অক্ষীয় বিন্দু P লৈ সৰণ ভেক্টৰ $\vec{r}$, x-y সমতলত অৱস্থিত। গতিকে $\left|d\vec{l}\times\vec{r}\right| = r\,dl$ । গতিকে

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{idl}{\left(x^2+R^2\right)} \qquad (4.13)$$

4.11 চিত্ৰত $d\vec{B}$ ৰ দিশ দেখুওৱা হৈছে। ই $d\vec{l}$ আৰু $\vec{r}$ ৰে গঠন কৰা সমতলৰ লম্ব। ইয়াৰ x-উপাংশ $d\vec{B}_x$ আৰু x-অক্ষৰ লম্ব দিশত উপাংশ $d\vec{B}_\perp$ । x-অক্ষৰ লম্ব দিশৰ উপাংশবোৰ যোগ কৰিলে সিহঁত প্ৰশমিত হয় আৰু ফলাফল শূন্য হয়। উদাহৰণ স্বৰূপে, $d\vec{l}$ ৰ বাবে উৎপন্ন $d\vec{B}_\perp$ উপাংশ, চিত্ৰত দেখুওৱা ধৰণে ব্যাসৰ দুই প্ৰান্তৰ $d\vec{l}$ ৰ অৱদানৰ দ্বাৰা প্ৰশমিত হয়। গতিকে, কেৱল x উপাংশবোৰহে বৰ্তি থাকে। x অক্ষৰ দিশত মুঠ অৱদান $dB_x = dB\cos\theta$ক সমুদায় কুণ্ডলীত সমাকলন কৰি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। চিত্ৰ 4.11ৰ ক্ষেত্ৰত

$$\cos\theta = \frac{R}{(x^2+R^2)^{1/2}} \qquad (4.14)$$

(4.13) আৰু (4.14) সমীকৰণৰ পৰা

$$dB_x = \frac{\mu_0 Idl}{4\pi}\frac{R}{\left(x^2+R^2\right)^{3/2}}$$

কুণ্ডলীৰ সমূহ dl খণ্ডবোৰৰ যোগফল তাৰ পৰিধি $2\pi R$ ৰ সমান। গতিকে, বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীটোৰ বাবে P ত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ হ'ল

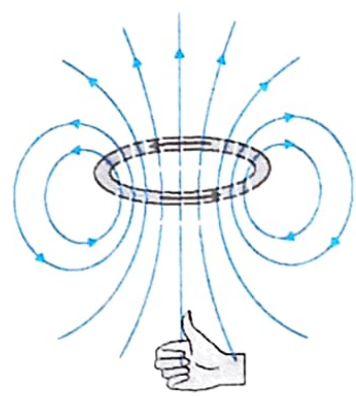
$$\vec{B} = B_x\hat{i} = \frac{\mu_0 I R^2}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}} \qquad (4.15)$$

ওপৰোক্ত ফলাফলৰ বিশেষ অৱস্থা হিচাপে আমি কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰোঁ। এই ক্ষেত্ৰত $x = 0$, আৰু আমি পাওঁ,

$$\vec{B}_0 = \frac{\mu_0 I}{2R}\hat{i} \qquad (4.16)$$

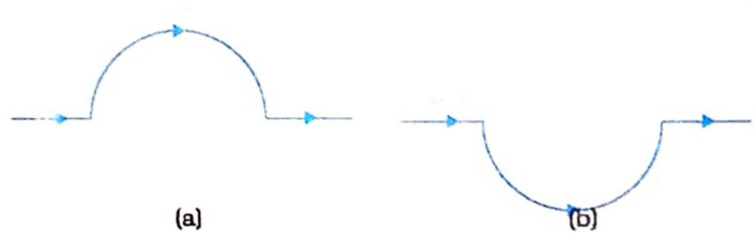
বৃত্তাকাৰ তাঁৰৰ বাবে উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ বন্ধ কুণ্ডলী আকাৰৰ আৰু এইবোৰ 4.12 চিত্ৰত দেখুৱা হৈছে। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিম্নোক্ত সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়ম (আন এটা) প্ৰয়োগ কৰি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

আঙুলিবোৰ প্ৰবাহৰ দিশত ৰাখি সোঁহাতৰ আঙুলিবোৰ কুণ্ডলীৰ ওপৰেৰে প্ৰবাহৰ দিশত পকোঁৱা। এতিয়া সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিয়ে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ সূচাব।



চিত্ৰ 4.12 প্ৰবাহ কুণ্ডলীৰ বাবে উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখা। মূল পাঠত বৰ্ণনা কৰা সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়মে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰে। কুণ্ডলীৰ ওপৰৰ ফালটো চুম্বকৰ উত্তৰ মেৰু আৰু তলৰ ফালটো দক্ষিণ মেৰু বুলি গণ্য কৰিব পাৰি।

উদাহৰণ 4.6 ঃ 12 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াই নিয়া এডাল পোন তাঁৰ 4.13(a) চিত্ৰত দেখুৱা অনুসৰি 2.0 ব্যাসাৰ্দ্ধৰ অৰ্ধবৃত্তাকাৰ চাপলৈ বেঁকা কৰা হৈছে। চাপৰ কেন্দ্ৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ বিষয়ে বিতংভাৱে ভাবি চোৱা। (a) পোন অংশকেইটাৰ বাবে উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰা, (b) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ লৈ অৰ্ধবৃত্তৰ আৰু বৃত্তৰ অৱদানৰ মাজৰ সাদৃশ্য আৰু বৈশাদৃশ্য উল্লেখ কৰা, (c) তাঁৰডাল B 4.13(b) চিত্ৰত দেখুৱা অনুসৰি বিপৰীত দিশত অৰ্ধবৃত্তাকাৰ চাপলৈ বেঁকা কৰিলে তোমাৰ উত্তৰ সলনি হ'ব নেকি?



চিত্ৰ 4.13

উদাহৰণ 4.6

সমাধান ঃ

(a) পোন অংশৰ প্ৰত্যেকটা খণ্ডৰ বাবে $d\vec{l}$ আৰু $\vec{r}$ সমান্তৰাল। গতিকে $d\vec{l} \times \vec{r} = 0$। পোন খণ্ডই $|\vec{B}|$ লৈ কোনো অবদান নিদিয়ে।

(b) অৰ্ধবৃত্তাকাৰ চাপৰ আটাইবোৰ খণ্ডৰ বাবে $d\vec{l} \times \vec{r}$ পৰস্পৰে সমান্তৰাল (কাগজৰ সমতলৰ ভিতৰলৈ)। এই সকলোবোৰ অবদানৰ মান যোগ হ'ব। সেয়েহে অৰ্ধবৃত্তাকাৰ চাপৰ বাবে উৎপন্ন $\vec{B}$ ৰ দিশ সোঁহাতৰ নিয়মৰ পৰা পোৱা যাব আৰু মান বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ বাবে উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ আধা হ'ব। গতিকে, $\vec{B}$ হ'ব 1.9×10^{-4}T আৰু ইয়াৰ দিশ কাগজৰ সমতলৰ লম্বভাৱে ভিতৰলৈ।

(c) $\vec{B}$ ৰ মান একে কিন্তু (b) ৰ তুলনাত বিপৰীত দিশত।

উদাহৰণ 4.6

উদাহৰণ 4.7 ঃ ঘনকৈ পকোঁৱা 100 পাকৰ এটা কুণ্ডলীৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ 10 cm আৰু সি 1 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে। কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান?

সমাধান ঃ কুণ্ডলীটো ঘনকৈ পকোঁৱা হৈছে বাবে প্ৰত্যেক পাকৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ একেই হ'ব বুলি ধৰি ল'ব পাৰি আৰু ইয়াৰ মান $R = 10$ cm $= 0.1$ m। পাকৰ সংখ্যা $N = 100$। ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ব,

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2R} = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^2 \times 1}{2 \times 10^{-1}} = 2\pi \times 10^{-4} = 6.28 \times 10^{-4} \text{ T}$$

উদাহৰণ 4.7

4.7 এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰ (Ampere's Circuital Law)

বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰটো প্ৰকাশ কৰিবলৈ এটা বিকল্প আৰু মনোগ্ৰাহী উপায় আছে। এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰত সীমাৰেখা থকা এখন মুক্ত পৃষ্ঠ বিবেচনাৰ বাবে লোৱা হয় (চিত্ৰ 4.14) পৃষ্ঠখনৰ মাজেৰে প্ৰবাহ পাৰ হৈ থাকে। সীমাৰেখাক ভালেমান ক্ষুদ্ৰ ৰেখাখণ্ডৰ সমষ্টি বুলি ধৰি লওঁ। dl দৈৰ্ঘ্যৰ এনে এক খণ্ডৰ ওপৰত মনোনিবেশ কৰা হ'ল। এতিয়া এই খণ্ডত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ স্পৰ্শকীয় উপাংশৰ মান B_t নিৰ্ণয় কৰি তাক খণ্ডৰ দৈৰ্ঘ্য dl ৰে পূৰণ কৰোঁ (মন কৰা ঃ $B_t dl = \vec{B}.d\vec{l}$)। এনে সকলো পূৰণফল যোগ কৰি লোৱা হয়। দৈৰ্ঘ্য খণ্ড ক্ষুদ্ৰ হৈ যোৱাৰ আৰু সিহঁতৰ সংখ্যা বৃহৎ হৈ যোৱাৰ সীমাত যোগ প্ৰক্ৰিয়া সমাকলনলৈ ৰূপান্তৰিত হয়। এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰ অনুসৰি এই সমাকলনৰ মান হ'ল μ_0 আৰু পৃষ্ঠখনৰ মাজেৰে বৈ যোৱা প্ৰবাহৰ পূৰণফল, অৰ্থাৎ

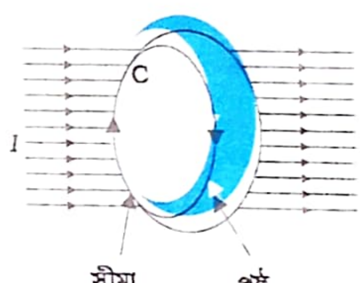
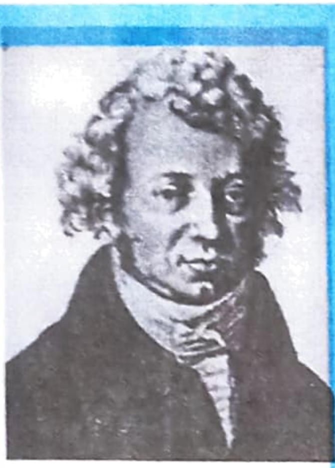


FIGURE 4.14

$$\oint \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I \qquad [4.17(a)]$$

ইয়াত I পৃষ্ঠৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা মুঠ প্ৰবাহ। পৃষ্ঠখনৰ সীমাৰেখা C ৰ সৈতে মিলি থকা বন্ধ কুণ্ডলীয়েদি সমাকলন সম্পন্ন কৰা হয়। ওপৰোক্ত সম্পৰ্কটোত সোঁহাতৰ নিয়মে প্ৰদান কৰা এটা চিহ্নৰ বিধি (Sign convention) জড়িত হৈ আছে। $\oint \vec{B}.d\vec{l}$ সমাকলনত যি দিশত সীমাৰেখা পৰিভ্ৰমণ কৰা হৈছিল সেই দিশত সোঁহাতৰ আঙুলিবোৰ পকোঁৱা হ'ল। এতিয়া বুঢ়া আঙুলিৰ দিশে ধণাত্মক প্ৰবাহৰ দিশ সূচাব।

ভালেমান প্ৰয়োগত [4.17(a)] সমীকৰণৰ যথেষ্ট সৰলীকৃত ৰূপ এটাই পৰ্যাপ্ত বুলি প্ৰমাণিত হৈছে। এনেবোৰ পৰিস্থিতিত আমি ধৰি ল'ম যে কুণ্ডলীটো (এম্পিৰিয়ান কুণ্ডলী বুলি কোৱা হয়) ইচ্ছা অনুযায়ী নিৰ্বাচন কৰি ল'ব পাৰি যাতে কুণ্ডলীৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে নিম্নোক্ত যিকোনো এটা স্বৰ্ত পূৰণ হয় ঃ



আন্দ্রে এম্পিয়াৰ (Andre Ampere 1775 –1836) আন্দ্রে মেৰী এম্পিয়াৰ এগৰাকী ফৰাচী পদাৰ্থবিদ, গণিতজ্ঞ আৰু ৰসায়নবিদ। তেওঁ বিদ্যুত বল বিজ্ঞানৰ ধাৰণাসমূহৰ জন্মদাতা আছিল। সৰু কালতেই তেওঁ অসামান্য প্ৰতিভাসম্পন্ন আছিল আৰু 12 বছৰ বয়সতে উচ্চ গণিতৰ ধাৰণাবোৰ আয়ত্ব কৰিছিল। অ'ৰষ্টেডৰ পৰীক্ষাৰ গুৰুত্ব এম্পিয়াৰে হৃদয়ঙ্গম কৰিব পাৰিছিল। প্ৰবাহী বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্বৰ সম্পৰ্কৰ আঁত বিচাৰি তেওঁ কেবা লানি পৰীক্ষা চলাইছিল। এনেবোৰ অন্বেষণৰ ফলস্বৰূপে 1827 চনত (Mathematical Theory of Electrodynamic Phenomena Deduced Solely from Experiments) গ্ৰন্থখন প্ৰকাশিত হয়। সকলো চৌম্বিক পৰিঘটনাৰ উৎস প্ৰবাহী বিদ্যুত বুলি তেওঁ গণ্য কৰিছিল। এম্পিয়াৰ এজন বিনয়ী আৰু অন্যমনস্ক ব্যক্তি আছিল। এবাৰ তেওঁ সম্ৰাট নেপোলিয়নৰ নৈশ ভোজৰ নিমন্ত্ৰণো পাহৰিছিল। 61 বছৰ বয়সত নিউমেনিয়া ৰোগত আক্ৰান্ত হৈ তেওঁ মৃত্যুমুখত পৰে। তেওঁৰ সমাধিস্থলত নিম্নোক্ত কথাখিনি লিপিবদ্ধ কৰি থোৱা হৈছে। *Tandem Felix* (অৱশেষত আনন্দ)

ANDRE AMPERE (1775 – 1836)

(i) $\vec{B}$ কুণ্ডলীৰ স্পৰ্শকীয় দিশত আৰু ই এটা ধ্ৰুৱক B (শূন্য নহয়)।

(ii) $\vec{B}$ কুণ্ডলীৰ লম্ব।

(iii) $\vec{B}$ বিলুপ্ত হয়।

এতিয়া ধৰা হওক কুণ্ডলীৰ যিটো অংশত $\vec{B}$ স্পৰ্শকীয়ভাৱে থাকে সেই অংশৰ দৈৰ্ঘ্য L। কুণ্ডলীয়ে আবৰি লোৱা প্ৰবাহ I_e হ'লে (4.17) সমীকৰণৰ ৰূপ হ'ব।

$$BL = \mu_0 I_e \qquad [4.17(b)]$$

4.15 চিত্ৰৰ পোন, অসীম প্ৰবাহ কঢ়িওৱা তাঁৰ এডালৰ দৰে সমমিতি থকা প্ৰণালীৰ ক্ষেত্ৰত গাউছৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগৰ দ্বাৰা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰাৰ লেখীয়াকৈ এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰৰ প্ৰয়োগৰ দ্বাৰা সহজে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। তলত 4.9 উদাহৰণত ইয়াক স্পষ্ট কৰি দিয়া হৈছে। নিৰ্বাচিত কুণ্ডলী বৃত্তাকাৰ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ বৃত্তৰ পৰিধিৰ স্পৰ্শী। [4.17 (b)] সমীকৰণৰ বাঁওফালৰ প্ৰকাশ ৰাশিৰ বাবে এই সূত্ৰই দিব B. $2\pi r$। আমি দেখোঁ যে তাঁৰ ডালৰ বহিৰ্ভাগত r দূৰত্বত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ কুণ্ডলীৰ স্পৰ্শকীয় (tangential) আৰু তলৰ সমীকৰণৰ পৰা ইয়াক পাবি,

$$B \times 2\pi r = \mu_0 I,$$

$$B = \mu_0 I / (2\pi r) \qquad (4.18)$$

অসীম তাঁৰৰ ক্ষেত্ৰত উপৰোক্ত ফলাফল কেবাটাও দৃষ্টিভঙ্গীৰ পৰা মনোগ্ৰাহী।

(i) ইয়াৰ অন্তৰ্নিহিত অৰ্থ হ'ল যে r ব্যাসাৰ্দ্ধৰ (তাঁৰডাল বৃত্তৰ অক্ষৰ লগত মিলি থকা অৱস্থাত) বৃত্তৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে ক্ষেত্ৰৰ মান একে। আন এক ধৰণেৰে এই পৰিস্থিতিৰ বিৱৰণ দিবলৈ হ'লে আমি ক'ব পাৰোঁ যে এই চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ চুঙাৰ আকাৰৰ সমমিতি (cylindrical symmetry) আছে। ক্ষেত্ৰখন তিনিটা স্থানাংকৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল হোৱাৰ সলনি কেৱল এটাৰ ওপৰততহে নিৰ্ভৰশীল ঃ ই হ'ল r। যেতিয়াই সমমিতি থাকে সমাধান উজু হৈ পৰে।

(ii) এই বৃত্তৰ যিকোনো বিন্দুত ক্ষেত্ৰৰ দিশ বৃত্তৰ সৈতে স্পৰ্শকীয়। সেয়েহে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ একে মানৰ ৰেখাবোৰ এককেন্দ্ৰিক বৃত্তৰ আকাৰৰ। এতিয়া মন কৰা যে 4.1(c) চিত্ৰত লোৰ গুৰিবোৰে এককেন্দ্ৰিক বৃত্ত কিছুমান ৰচনা কৰিছে। ইয়াৰ লগত স্থিতি বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰৰ স্বভাৱ একেবাৰে নিমিলে; স্থিতি বৈদ্যুতিক ৰেখাবোৰ ধনাত্মক আধানৰ পৰা আৰম্ভ হৈ ঋণাত্মক আধানত শেষ হয়। পোন তাঁৰৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশ ৰাশিয়ে অ'ৰষ্টেডৰ পৰীক্ষাৰ তাত্বিক ব্যাখ্যা দিয়ে।

(iii) আন এক মনকৰিবলগীয়া দিশ এয়ে যে যদিও তাঁৰডাল অসীম তথাপিও সীমিত দূৰত্বত (শূন্য দূৰত্বক বাদ দি) তাঁৰৰ ক্ষেত্ৰখন অসীম নহয়। তাঁৰ ডালৰ নিচেই ওচৰলৈ আহিলেহে ক্ষেত্ৰখন বিস্ফোৰিত (Blow up) হয়। ক্ষেত্ৰখন প্ৰবাহৰ সমানুপাতিক আৰু প্ৰবাহৰ উৎসৰ (অসীম দৈৰ্ঘ্যৰ) পৰা দূৰত্বৰ ব্যস্তানুপাতিক।

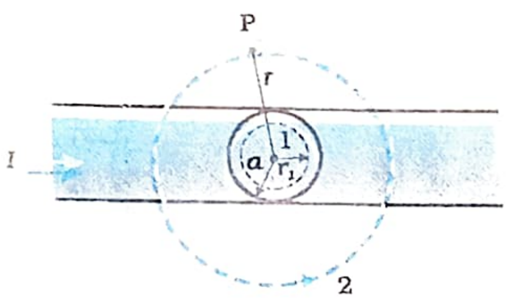
(iv) দীঘল তাঁৰ এডালৰ দ্বাৰা উৎপন্ন হোৱা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিৰ্ণয়ৰ বাবে এটা সহজ নিয়ম

আছে। এই নিয়মটোৰ নাম হ'ল সৌহাতৰ নিয়ম*, নিয়মটো এনে ধৰণৰ ঃ

বুঢ়া আঙুলিটো প্ৰবাহৰ দিশৰ ৰাখি সোঁহাতেৰে তাঁৰডাল ধৰা। আঙুলিবোৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশত পাক খাব।

বিষয়বস্তুৰ ফালৰ পৰা বায়'-চাভাৰ্ট সূত্ৰৰ তুলনাত এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰত একো নতুনত্ব নাই। উভয়ে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ আৰু প্ৰবাহৰ সম্বন্ধ প্ৰদৰ্শন কৰে আৰু উভয়ে সুস্থিৰ প্ৰবাহৰ একেটা ভৌতিক পৰিণতি বৰ্ণনা কৰে। কুলম্বৰ সূত্ৰৰ সৈতে গাউছৰ সূত্ৰৰ সম্পৰ্ক থকাৰ দৰে বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰৰ লগত এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰৰ সম্পৰ্ক আছে। এম্পিয়াৰ আৰু গাউছৰ সূত্ৰত উভয়তে প্ৰান্তীয় অঞ্চল বা বহিঃবেষ্টনীত স্থিত এটা ভৌতিক ৰাশিৰ (চৌম্বিক বা বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ) সৈতে অভ্যন্তৰৰ এটা ভৌতিক ৰাশি অৰ্থাৎ উৎসৰ (প্ৰবাহ বা আধান) লগত সম্পৰ্ক স্থাপন কৰে। তদুপৰি আমি মন কৰোঁ যে সময়ৰ সাপেক্ষে সলনি নোহোৱা সুস্থিৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰতহে এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰ প্ৰযোজ্য। নিম্নোক্ত উদাহৰণটোৱে পৰিবেষ্টিত প্ৰবাহৰ (enclosed current) অৰ্থ বুজাব।

উদাহৰণ 4.8 ঃ 4.15 চিত্ৰত বৃত্তাকাৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ (ব্যাসাৰ্দ্ধ a) দীঘল আৰু পোন তাঁৰডালে সুস্থিৰ প্ৰবাহ I কঢ়িয়াই নিছে। প্ৰস্থচ্ছেদৰ সকলো স্থানতে প্ৰবাহ সুষমভাৱে বিস্তাৰিত হৈ আছে। $r < a$ আৰু $r > a$ অঞ্চলত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰা।



চিত্ৰ 4.15

সমাধান ঃ (a) পোনতে $r > a$ স্বৰ্ত বিবেচনা কৰা হওক। এম্পিয়াৰৰ কুণ্ডলীটো হ'ল প্ৰস্থচ্ছেদৰ লগত সমকেন্দ্ৰিক বৃত্ত এটা যাক 2 ৰে চিহ্নিত কৰা হৈছে। এই কুণ্ডলীৰ বাবে

$L = 2\pi r$

I_e = কুণ্ডলীৰ দ্বাৰা পৰিবেষ্টিত প্ৰবাহ $= I$

ফলাফল হ'লগৈ দীঘল পোন তাঁৰৰ চিনাকি প্ৰকাশৰাশি

$B(2\pi r) = \mu_0 I$

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r} \quad [4.19(a)]$$

$$B \propto \frac{1}{r} \quad (r > a)$$

(b) $r < a$ স্বৰ্ত বিবেচনা কৰা। 1 বুলি চিহ্নিত বৃত্তটো হ'ল এম্পিয়াৰৰ কুণ্ডলী। বৃত্তৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ r বুলি ধৰিলে

$L = 2\pi r$

* মন কৰা যে দুটা ভিন্ন সোঁহাতৰ নিয়ম আছে ঃ এটাই প্ৰবাহ কুণ্ডলীৰ অক্ষত $\vec{B}$ দিশ দিয়ে আৰু আনটোৱে এডাল পোন পৰিবাহী তাঁৰৰ দ্বাৰা সৃষ্ট $\vec{B}$ দিশ দিয়ে। অন্য আঙুলি আৰু বুঢ়া আঙুলিৰ ভূমিকা এই দুটা ক্ষেত্ৰত বেলেগ বেলেগ।

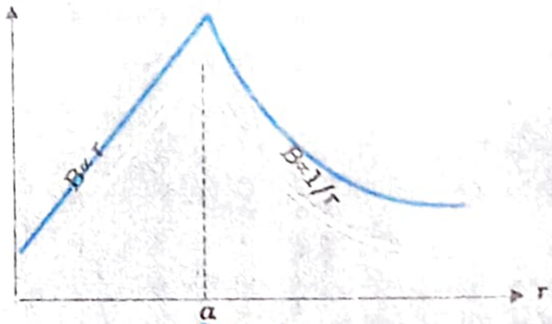
এতিয়া পৰিবেষ্টিত প্ৰবাহ I_e ৰ মান I নহৈ তাতকৈ কম হ'ব। যিহেতু প্ৰবাহৰ বণ্টন সুষম, পৰিবেষ্টিত প্ৰবাহ হ'ব

$$I_e = I\left(\frac{\pi r^2}{\pi a^2}\right) = \frac{Ir^2}{a^2}$$

এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰ ব্যৱহাৰ কৰি, $B(2\pi r) = \mu_0 \frac{Ir^2}{a^2}$

$$B = \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a^2}\right) r \qquad [4.19(b)]$$

$B \propto r \quad (r < a)$



চিত্ৰ 4.18

(4.16) চিত্ৰত $\vec{B}$ ৰ মান আৰু তাঁৰডালৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা দূৰত্ব r ৰ মাজৰ লেখ দেখুৱা হৈছে। ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিজস্ব বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ (1 বা 2) স্পৰ্শকীয় দিশত আৰু এই অনুচ্ছেদত পূৰ্বে উল্লেখ কৰা সোঁহাতৰ নিয়ম অনুসৰি নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।

সহজতে এম্পিয়াৰৰ নিয়ম প্ৰয়োগ কৰিব পৰাকৈ এই উদাহৰণটোত প্ৰয়োজনীয় সমমিতি বিদ্যমান।

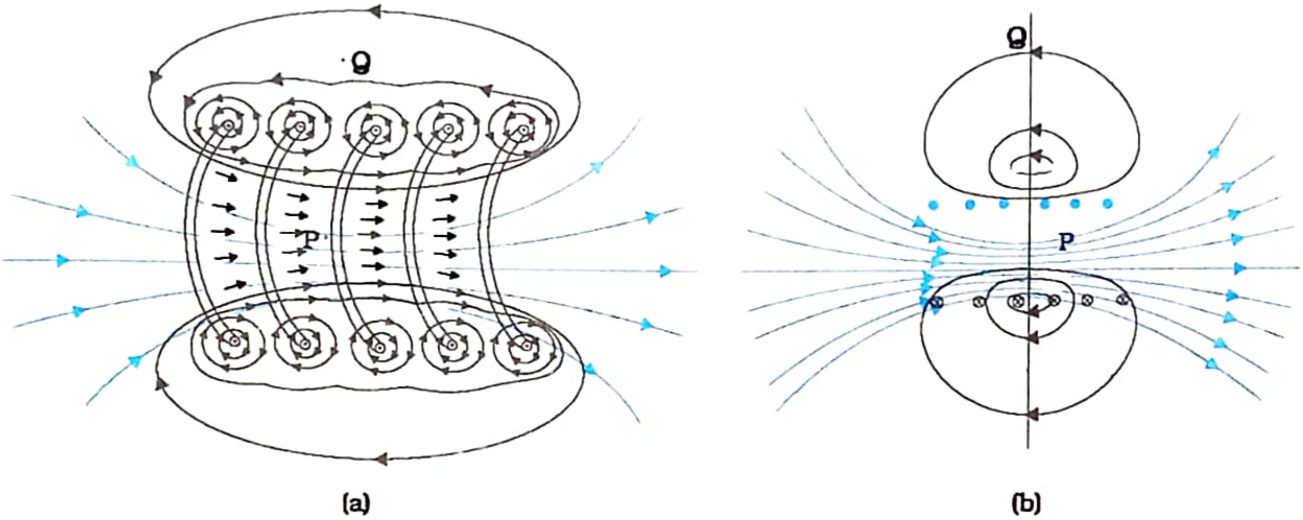
আমি মন কৰা উচিত যে এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰ যিকোনো কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰতে প্ৰযোজ্য; কিন্তু প্ৰত্যেক ক্ষেত্ৰতে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ নিৰ্ণয় গাণিতিকভাৱে সহজ নহ'বও পাৰে। উদাহৰণ স্বৰূপে, 4.6 অনুচ্ছেদত বৰ্ণনা কৰা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰত তাৰ কেন্দ্ৰৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশ ৰাশি $B = \mu_0 I/2R$ [সমীকৰণ (4.16)] নিৰ্ণয় কৰিবলৈ ইয়াক প্ৰয়োগ কৰিব নোৱাৰি। কিন্তু উচ্চ সমমিতি থকা বহুতো পৰিস্থিতি আছে য'ত এই সূত্ৰ সহজে প্ৰয়োগযোগ্য। পৰৱৰ্তী অনুচ্ছেদত দুটা প্ৰায়ে ব্যৱহাৰ হোৱা আৰু অতি উপযোগী চৌম্বিক প্ৰণালী : চলেনইড (solenoid) আৰু টৰইড (toroid) ৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ নিৰ্ণয়ত ইয়াক প্ৰয়োগ কৰিম।

4.8 চলেনইড আৰু টৰইড (The Solenoid and the Toroid)

চলেনইড আৰু টৰইড এনে দুবিধ আহিলা যিয়ে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰিব পাৰে। দূৰদৰ্শন যন্ত্ৰত (television) প্ৰয়োজন হোৱা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰবোৰ চলেনইডৰ দ্বাৰা প্ৰতিষ্ঠাপিত কৰা হয়। চিনক্ৰট্ৰনত (synchrotron) প্ৰয়োজন হোৱা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰবোৰৰ বাবে দুয়োবিধ আহিলাকে ব্যৱহাৰ কৰা হয়। চলেনইড আৰু টৰইড উভয়তে উচ্চ সমমিতিৰ অৱস্থা বিদ্যমান আৰু সেয়েহে তাত সহজতে এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰিব পাৰি।

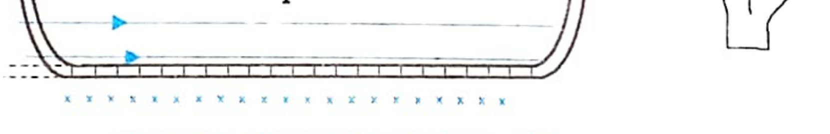
4.8.1 চ'লেনইড (The solenoid)

আমি দীঘল চলেনইডৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। দীঘল চলেনইড মানে এনে এটা চলেনইড যাৰ দৈৰ্ঘ্য তাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰ তুলনাত ডাঙৰ। দীঘল তাঁৰ এডাল কুপৰিবাহী চুঙা এটাত ঘনকৈ প কাই সৰ্পিল (helix) ৰূপ দি ল'লে তাকে চলেনইড বোলে। পাৰ্শ্ববৰ্তী পাকবোৰ ঘনকৈ থাকে বাবে প্ৰত্যেকটা পাক একে টা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী সদৃশ। মুঠ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰখন হ'ল আটাইবোৰ পাকৰ ক্ষেত্ৰৰ ভেক্টৰ যোগফল। পকাব৷ ন প্ৰলেপযুক্ত তাঁৰ ব্যৱহাৰ কৰা হয় যাতে পাকবোৰ পৰস্পৰে অন্তৰিত হৈ থাকে।



চিত্ৰ 4.17 (a) সহজবোধগম্যতাৰ স্বাৰ্থত বহলকৈ মেলি দিয়া চলেনইডৰ ছেদ এটাৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ। কেৱল বহিঃভাগৰ অৰ্ধবৃত্তাকাৰ অংশটোহে দেখুৱা হৈছে। কি ধৰণে পাৰ্শ্ববৰ্তী পাকৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীবোৰ প্ৰশমিত হৈছে তালৈ মন কৰা। (b) এটা সীমিত চলেনইডৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ।

4.17 চিত্ৰত এটা সীমিত চলেনইডৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ দেখুৱা হৈছে। 4.17(a) চিত্ৰত চলেনইডৰ ছেদ এটা বিবৰ্ধিত ৰূপত দেখুৱা হৈছে। 4.17(b) চিত্ৰত তাৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৈতে সমুদায় সীমিত চলেনইডটো দেখুৱা হৈছে। 4.17(a) চিত্ৰত বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীবোৰৰ পৰা এইটো স্পষ্ট হৈছে দুটা পাৰ্শ্ববৰ্তী পাকৰ মাজডোখৰত ক্ষেত্ৰ প্ৰশমিত হয়। 4.17(b) চিত্ৰত আমি দেখোঁ যে আভ্যন্তৰীণ মধ্যবিন্দু P ত ক্ষেত্ৰ সুষম, শক্তিশালী আৰু চলেনইডৰ অক্ষৰ সংৰেখীয়। বহিঃভাগৰ মধ্যবিন্দু Q ত ক্ষেত্ৰ দুৰ্বল আৰু তদুপৰি ই কোনো লম্ব উপাংশ নথকাকৈ চলেনইডৰ অক্ষৰ সংৰেখীয়। চলেনইডটো ক্ৰমাৎ দীঘল কৰি গ'লে ই ধাতুৰ পাতৰ দীঘল চুঙাৰ আকৃতি লয়। 4.18 চিত্ৰত এই আদৰ্শ ৰূপ প্ৰদৰ্শিত হৈছে। চলেনইডৰ বহিঃভাগত ক্ষেত্ৰ শূন্যৰ ওচৰ চাপে। বহিঃভাগত ক্ষেত্ৰ শূন্য বুলি আমি গণ্য কৰিম। অভ্যন্তৰৰ সকলো স্থানতে ক্ষেত্ৰ অক্ষৰ সমান্তৰাল।



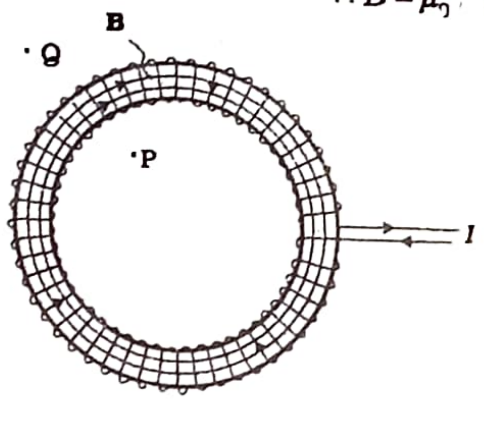
চিত্ৰ 4.18 এটা অতি দীঘল চলেনইডৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ। ক্ষেত্ৰখন নিৰ্ণয় কৰিবলৈ এটা আয়তাকাৰ এম্পিৰিয়ান কুণ্ডলী লোৱা হৈছে।

এটা আয়তাকাৰ এম্পিৰিয়ান কুণ্ডলী abcd বিবেচনা কৰা। পূৰ্বে সাব্যস্ত কৰা অনুসৰি cd ৰ দিশত ক্ষেত্ৰ শূন্য। অনুপ্ৰস্থ অংশ bc আৰু ad ত ক্ষেত্ৰৰ উপাংশ শূন্য। গতিকে এই দুই অংশই কোনো অৰিহণা আগ নবঢ়ায়। ধৰি লওঁ, ab ৰ দিশৰ ক্ষেত্ৰ হ'ল B। গতিকে এম্পিৰিয়ান কুণ্ডলীৰ প্ৰাসঙ্গিক দৈৰ্ঘ্য হ'ব $L = h$।

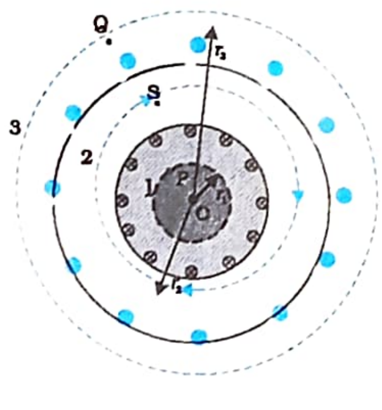
যদি প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ পাক সংখ্যা n, তেন্তে মুঠ পাকৰ সংখ্যা nh। পৰিবেষ্টিত প্ৰবাহ হ'ব $I_e = I(n h)$, ইয়াত I চলেনইডৰ প্ৰবাহ। এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰৰ পৰা [সমীকৰণ 4.17 (b)]

$$BL = \mu_0 I_e, \quad B h = \mu_0 I (n h)$$

$$\therefore B = \mu_0 n I \qquad (4.20)$$



(a)



(b)

চিত্ৰ 4.19 (a) I প্ৰবাহ কঢ়িওৱা অৱস্থাত এটা টৰইড। (b) টৰইডৰ প্ৰস্থচ্ছেদৰ এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰি টৰইডৰ কেন্দ্ৰ O ৰ পৰা যিকোনো দূৰত্ব r ত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। 1, 2 আৰু 3 ৰে চিহ্নিত ছিন্ন ৰেখাকেইডালে তিনিটা এম্পিয়ান কুণ্ডলী বুজাইছে।

সোঁহাতৰ নিয়মে ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰে। সাধাৰণতে সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ পাবলৈ চলেনইড ব্যৱহাৰ কৰা হয়। চলেনইডৰ ভিতৰত কোমল লোৰ মজ্জা এটা সুমুৱাই দি কেনেকৈ এখন ডাঙৰ ক্ষেত্ৰ পাব পাৰি সেই বিষয়ে আমি পৰৱৰ্তী অধ্যায়ত পঢ়িম।

4.8.2 টৰইড (The toroid)

ফোঁপোলা বৃত্তাকাৰ কুপৰিবাহী চুম্বাকৃতিৰ আঙুঠি এটাৰ ওপৰেদি ঘনকৈ তাঁৰ পকাই ল'লে তাক টৰইড বোলে। চলেনইড এটাক বৃত্তৰ আকাৰলৈ বেঁকা কৰি মূৰ দুটা লগ লগাই দিলে যি ৰূপ হ'ব সিয়েই টৰইড। ইয়াক 4.19(a) চিত্ৰত I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা অৱস্থাত দেখুৱা হৈছে। আমি দেখা পাম যে অভ্যন্তৰৰ (P বিন্দু) আৰু বহিঃভাগৰ (Q বিন্দু) মুকলি অঞ্চলত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ শূন্য। ঘন পাকৰ আদৰ্শ টৰইডৰ ভিতৰফালে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান ধ্ৰুৱক।

4.19(b) চিত্ৰত টৰইডৰ এটা ছেদ দেখুৱা হৈছে। বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ সোঁহাতৰ নিয়ম অনুসৰি ভিতৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ ঘড়ীৰ কাঁটাৰ দিশত। ছিন্ন ৰেখাৰে তিনিটা বৃত্তাকাৰ এম্পিৰিয়ান কুণ্ডলী 1, 2 আৰু 3 আঁকা হৈছে। সমমিতিৰ আধাৰত চুম্বক ক্ষেত্ৰ প্ৰত্যেকৰে স্পৰ্শকীয় ভাৱে থাকে আৰু প্ৰদত্ত কুণ্ডলীত ধ্ৰুৱক মানৰ হয়। 2 আৰু 3 নং কুণ্ডলীয়ে আবৰি থকা বৃত্তাকাৰ পৃষ্ঠৰ উভয়েই টৰইডটোক এনেদৰে কাটিছে যে প্ৰবাহ কঢ়িওৱা তাঁৰৰ প্ৰত্যেক পাকক 2 নং কুণ্ডলীয়ে এবাৰকৈ আৰু 3 নং কুণ্ডলীয়ে দুবাৰকৈ কাটে।

ধৰা হওক, 1 নং কুণ্ডলীত চুম্বক ক্ষেত্ৰৰ মান B_1। তেন্তে এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰত [সমীকৰণ 4.17(a)], $L = 2\pi r_1$।

কুণ্ডলীটোৱে কোনো প্ৰবাহ পৰিবেষ্টিত কৰা নাই, সেয়েহে $I_e = 0$। গতিকে

$$B_1 (2\pi r_1) = \mu_0 (0), \quad B_1 = 0$$

গতিকে, টৰইডৰ অভ্যন্তৰৰ মুকলি অঞ্চলৰ যিকোনো বিন্দুত P ত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ শূন্য।

এতিয়া আমি দেখুৱাম যে একেদৰেই Q বিন্দুতো চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ শূন্য। 3 নং কুণ্ডলীত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ B_3 বুলি ধৰা হ'ল। পুনৰাই এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰৰ পৰা $L = 2\pi r_3$। কিন্তু প্ৰস্থচ্ছেদৰ পৰা আমি দেখোঁ যে কাগজৰ সমতলৰ পৰা ওলাই অহা প্ৰবাহক তালৈ সোমাই যোৱা প্ৰবাহে সম্পূৰ্ণভাৱে প্ৰশমিত কৰে। গতিকে $I_e = 0$, আৰু $B_3 = 0$। এতিয়া ধৰি লওঁ, টৰইডৰ অভ্যন্তৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ B। S ত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ কথা চিন্তা কৰা হওঁক। আকৌ [4.17 (a)] সমীকৰণৰ ৰূপত এম্পিয়াৰৰ সূত্ৰ প্ৰয়োগ কৰোঁ। আমি পাম, $L = 2\pi r$।

পৰিবেষ্টিত প্ৰবাহ I_e হ'ব (টৰইড N টা পাকৰ বাবে) NI।

$$B\,(2\pi r) = \mu_0 NI$$

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r} \tag{4.21}$$

আমি এতিয়া টৰইড আৰু চলেইনডৰ ফলাফল দুটা ৰিজাইচাম। (4.20) সমীকৰণটোৰে দিয়া চলেনইডৰ ফলাফলৰ সৈতে ৰিজনিৰ সুবিধাৰ অৰ্থে (4.21) সমীকৰণক নতুন ৰূপত প্ৰকাশ কৰিম। ধৰি লওঁ, টৰইডৰ গড় ব্যাসাৰ্দ্ধ r আৰু প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত পাকৰ সংখ্যা n। তেন্তে

$N = 2\pi r\, n$ = টৰইডৰ পৰিধি (গড়) × প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ পাকৰ সংখ্যা

গতিকে,

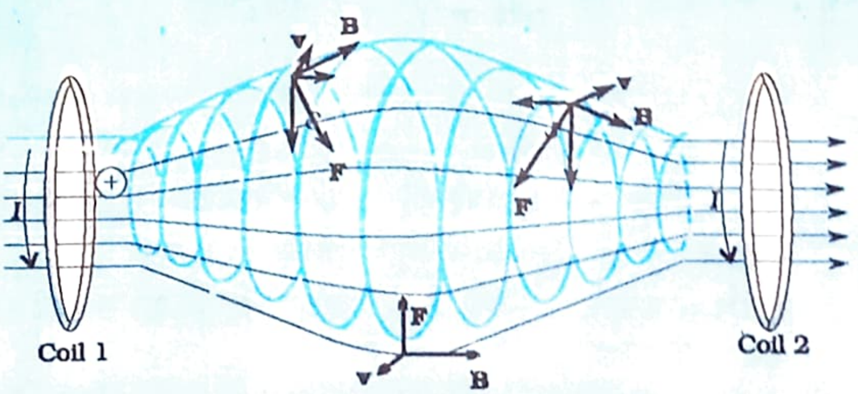
$$B = \mu_0\, n\, I, \tag{4.22}$$

অৰ্থাৎ চলেনইডৰ ফলাফল লগত একে।

আদৰ্শ টৰইডত কুণ্ডলীবোৰ বৃত্তাকাৰ। কিন্তু বাস্তৱত টৰইডৰ কুণ্ডলী সৰ্পিল আকৃতিৰ হয় আৰু টৰইডৰ বহিঃভাগত সৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন থাকে।

চৌম্বিক অৱৰুদ্ধ অৱস্থা (Magnetic confinement)

4.3 অনুচ্ছেদত আমি পঢ়িছিলোঁ যে (অধ্যায়ৰ পূৰ্ববৰ্তী অংশৰ বাকচৰ ভিতৰত সন্নিবিষ্ট আহিত কণাৰ সৰ্পিল গতিৰ আলোচনাও দ্ৰষ্টব্য) আহিত কণাৰ কক্ষপথ সৰ্পিল প্ৰকৃতিৰ। যদি চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ সুষম নহয়, কিন্তু এটা পৰিভ্ৰমণৰ কালছোৱাত বেছিকৈ পৰিবৰ্তিত নহয়, তেন্তে কণাবোৰ অধিক শক্তিশালী চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত প্ৰৱেশ কৰিলে সৰ্পিল কুণ্ডলীৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ কমি যায় আৰু দুৰ্বল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত প্ৰৱেশ কৰিলে ব্যাসাৰ্দ্ধ বাঢ়ি যায়। এটা বায়ু শূন্য বাকচত পৰস্পৰৰ পৰা কিছু দূৰত্বত দুটা চলেইনড সংস্থাপিত কৰা হৈছে। (তলৰ চিত্ৰলৈ মন কৰা, চিত্ৰত বাকচটো দেখুৱা হোৱা নাই।) চলেনইড দুটাৰ মাজৰ অঞ্চলত গতিশীল আহিত কণাবোৰৰ কক্ষৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ পোনতে কম হয়। ক্ষেত্ৰ দুৰ্বল হৈ যোৱাৰ লগে লগে ব্যাসাৰ্দ্ধ বাঢ়ে কিন্তু দ্বিতীয়টো চলেনইডৰ ক্ষেত্ৰৰ কবলত পৰাৰ লগে লগে ব্যাসাৰ্দ্ধ পুনৰ কমিবলৈ ধৰে। চলেনইড দুটাই দাপোণ বা প্ৰতিফলক হিচাপে কাম কৰে। (চিত্ৰত 2 নং কুণ্ডলীৰ কাষ চপাৰ সময়ত **F** দিশলৈ মন কৰা। সন্মুখ গতিৰ বিপৰীতে ইয়াৰ এটা উপাংশ বিদ্যমান।) তাৰ বাবে চলেনইডৰ ওচৰ চাপিলে কণাবোৰ উভতিবলৈ বাধ্য হয়। এনে এটা সজ্জাই চৌম্বিক বটল (magnetic bottle) বা চৌম্বিক বাকচৰ দৰে কাম কৰে। কণাবোৰে কেতিয়াও বাকচৰ কাষ দুটা স্পৰ্শ নকৰে। সংযোজন (fusion) পৰীক্ষণত উচ্চ শক্তিৰ প্লাজমাক (plasma) আবদ্ধ কৰি ৰাখিবলৈ এনে চৌম্বিক বটল অতিশয় উপযোগী। প্লাজমাই তাৰ উচ্চ উষ্ণতাৰ বাবে পদাৰ্থৰে তৈয়াৰী যিকোনো বাকচ বিনষ্ট কৰে। আন এবিধ উপযোগী বাকচ হ'ল টৰইড। সংযোজন শক্তি ৰিয়েক্টৰৰ (fusion power reactor) প্লাজমা আবদ্ধকৰণৰ সঁজুলি টকামাকত (tokamak) টৰইডে উল্লেখনীয় ভূমিকা পালন কৰিব বুলি অনুমান কৰা হৈছে। নিয়ন্ত্ৰিত সংযোজন বিক্ৰিয়া সংঘটিত কৰিবলৈ ফ্ৰান্সত আন্তঃৰাষ্ট্ৰীয় সহযোগত আন্তঃৰাষ্ট্ৰীয় তাপ-নিউক্লীয় পৰীক্ষামূলক ৰিয়েক্টৰ (*International Thermonuclear Experimental Reactor, ITEP*) প্ৰতিষ্ঠা কৰা হৈছে। ভাৰতবৰ্ষয়ো এই কাৰ্যত সহযোগীতা আগবঢ়াইছে। ITER সহযোগ আৰু প্ৰকল্পৰ বিষয়ে অধিক জানিবলৈ <u>http://www.iter.org</u> লৈ যাব পাৰা।



উদাহৰণ 4.9

উদাহৰণ 4.9 : 0.5 m দৈৰ্ঘ্যৰ চলেনইড এটাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ 1 cm আৰু তাৰ 500 টা পাক আছে। তাৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰবাহ 5 A। চলেনইডৰ অভ্যন্তৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান?

সমাধান : প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ পাকৰ সংখ্যা হ'ল,

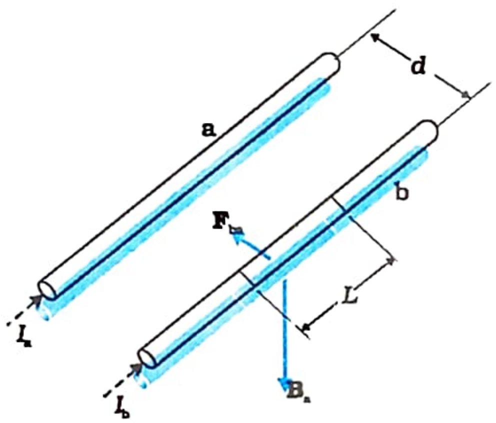
$$n = \frac{500}{0.5} = 1000 \text{ turns/m}$$

দৈৰ্ঘ্য $l = 0.5$ m আৰু ব্যাসাৰ্দ্ধ $r = 0.01$ m। গতিকে, $l/a = 50$ অৰ্থাৎ $l >> a$। সেয়েহে, দীঘল চলেনইডৰ নিয়ম অৰ্থাৎ (4.20) এই ক্ষেত্ৰত প্ৰযোজ্য হ'ব।

$$B = \mu_0 n I$$
$$= 4\pi \times 10^{-7} \times 10^3 \times 5$$
$$= 6.28 \times 10^{-3} \text{ T}$$

4.9 দুই সমান্তৰাল প্ৰবাহৰ মাজৰ বল, এম্পিয়াৰ (Force between Two Parallel Currents, the Ampere)

আমি শিকিলোঁ যে প্ৰবাহ কঢ়িওৱা পৰিবাহীৰ দ্বাৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰতিষ্ঠিত হয়, যিয়ে বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰ মানি চলে। আমি আৰু শিকিলোঁ যে বহিঃ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰই প্ৰবাহ কঢ়িওৱা পৰিবাহীৰ ওপৰত বল প্ৰয়োগ কৰে। গতিকে স্বাভাৱিকতে ওচৰা-উচৰিকৈ প্ৰতিষ্ঠাপিত দুডাল প্ৰবাহ কঢ়িওৱা পৰিবাহীয়ে পৰস্পৰৰ ওপৰত বল (চৌম্বিক) প্ৰয়োগ কৰিব বুলি কৰা অনুমান কৰিব পাৰি। 1820-25 ৰ কালছোৱাত এম্পিয়াৰে এই চৌম্বিক বলৰ প্ৰকৃতি আৰু পৰিবাহীৰ আকাৰ আৰু আকৃতি তথা পৰিবাহীৰ মাজৰ দূৰত্বৰ ওপৰত ইয়াৰ নিৰ্ভৰশীলতাৰ বিষয়ে অধ্যয়ন কৰিছিল। এই অনুচ্ছেদত আমি দুডাল সমান্তৰাল প্ৰবাহ কঢ়িওৱা পৰিবাহীৰ সহজ উদাহৰণটো বিবেচনাৰ বাবে ল'ম, যিয়ে হয়তো এম্পিয়াৰে কৰা কামৰ মোল উপলব্ধি কৰাত সহায় কৰিব।



চিত্ৰ 4.20 সুস্থিৰ প্ৰবাহ কঢ়িওৱা দুডাল পোন দীঘল সমান্তৰাল পৰিবাহী; ইহঁতে I_a আৰু I_b প্ৰবাহ কঢ়িয়াই আছে আৰু d দূৰত্বৰে পৃথক হৈ আছে। 'b' পৰিবাহীত 'a' পৰিবাহীয়ে সংস্থাপিত কৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_a$।

4.20 চিত্ৰত d দূৰত্বৰে পৃথক হৈ থকা দুডাল দীঘল সমান্তৰাল পৰিবাহী 'a' আৰু 'b' এ যথাক্ৰমে I_a আৰু I_b প্ৰবাহ (সমান্তৰাল) কঢ়িয়াই থকা দেখুৱা হৈছে। 'b' পৰিবাহীৰ আটাইবোৰ বিন্দুতে 'a' পৰিবাহীয়ে একে মানৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}_a$ উৎপন্ন কৰে। সোঁহাতৰ নিয়ম প্ৰয়োগ কৰি আমি পাও যে এই ক্ষেত্ৰৰ দিশ নিম্নমুখী (যেতিয়া পৰিবাহী দুডাল আনুভূমিকভাৱে সংস্থাপিত হয়) [4.19(a)] সমীকৰণ বা এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰৰ পৰা ইয়াৰ মান পোৱা যায়।

$$B_a = \frac{\mu_0 I_a}{2\pi d}$$

$\vec{B}_a$ ক্ষেত্ৰৰ বাবে I_b প্ৰবাহ কঢ়িওৱা 'b' পৰিবাহীয়ে এটা পাৰ্শ্বাভিমুখী বল অনুভৱ কৰিব। এই বলটোৰ দিশ 'a' পৰিবাহীৰ অভিমুখে (সাব্যস্ত কৰা)। আমি $\vec{F}_{ba}$ বুলি বলটোৰ নামকৰণ কৰোঁ, ই হ'ল 'a' ৰ বাবে 'b' ৰ কিয়দাংশ L ৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বল। এই বলৰ মান (4.4) সমীকৰণৰ পৰা পোৱা যায়।

$$\vec{F}_{ba} = I_b L B_a$$

$$= \frac{\mu_0 I_a I_b}{2\pi d} L \qquad (4.23)$$

'b' ৰ বাবে 'a' ৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বলো নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি। 'b' ৰ প্ৰবাহৰ বাবে 'a' ৰ কিয়দাংশ L ৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বল $\vec{F}_{ab}$, ওপৰত আলোচনা কৰা পদ্ধতিৰে গণনা কৰি উলিযাব পাৰি। ইয়াৰ মান $\vec{F}_{ba}$ ৰ সমান কিন্তু ইয়াৰ দিশ 'b' ৰ অভিমুখে। গতিকে,

$$\vec{F}_{ba} = -\vec{F}_{ab} \qquad (4.24)$$

মন কৰা যে ই নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰৰ সৈতে সঙ্গতিপূৰ্ণ। এনেকৈ অৱশেষত আমি সমান্তৰাল পৰিবাহী আৰু সুস্থিৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰত দেখুৱালো যে বায়'-চাভাৰ্চৰ সূত্ৰ আৰু লৰেঞ্জৰ বলে নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰৰ সৈতে সঙ্গতিপূৰ্ণ ফলাফলত উপনীত হয়।

ওপৰৰ আলোচনাৰ পৰা আমি শিকিলোঁ যে একমুখী প্ৰবাহে পৰস্পৰক আকৰ্ষণ কৰে। দেখুৱাব পৰা যায় যে বিপৰীতমুখী প্ৰবাহে পৰস্পৰে বিকৰ্ষণ কৰিব। **গতিকে একমুখী সমান্তৰাল প্ৰবাহে আকৰ্ষণ কৰে আৰু বিপৰীতমুখী সমান্তৰাল প্ৰবাহে বিকৰ্ষণ কৰে।**

এই নিয়ম স্থিতিবিদ্যুতত পাই অহা নিয়মতকৈ পৃথক। একে জাতীয় (একে চিনৰ) আধানে পৰস্পৰ বিকৰ্ষণ কৰে, কিন্তু একে (সমান্তৰাল) প্ৰবাহে পৰস্পৰ আকৰ্ষণ কৰে।

ধৰি লওঁ, f_{ba} হ'ল প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত $\vec{F}_{ba}$ ৰ মান। তেন্তে, (4.23) সমীকৰণৰ পৰা,

$$f_{ba} = \frac{\mu_0 I_a I_b}{2\pi d} \qquad (4.25)$$

ওপৰৰ প্ৰকাশ ৰাশিৰ আধাৰত প্ৰবাহৰ একক এম্পিয়াৰৰ (A) সংজ্ঞা দিয়া হয়। এম্পিয়াৰ হ'ল SI প্ৰণালীৰ সাতটা মূল এককৰ এটা।

এম্পিয়াৰ হ'ল সুস্থিৰ প্ৰবাহৰ সেই মান যি শূন্য স্থানত 1 m অন্তৰত সংস্থাপিত দুডাল সুষম প্ৰস্থচ্ছেদৰ অতি দীঘল, পোন সমান্তৰাল পৰিবাহীয়েদি চালিত হৈ প্ৰত্যেকডাল পৰিবাহীতে প্ৰতি মিটাৰ দৈৰ্ঘ্যত 2×10^{-7} নিউটনৰ সমান বল প্ৰয়োগ কৰিব।

1946 চনত এম্পিয়াৰৰ এই সংজ্ঞা গ্ৰহণ কৰা হয়। ই এটা তাত্বিক সংজ্ঞা। বাস্তৱ ক্ষেত্ৰত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ বিলুপ্ত কৰিবই লাগিব আৰু অতি দীঘল তাঁৰৰ সলনি উপযুক্ত জ্যামিতিৰ বহুপাকৰ কুণ্ডলী ব্যৱহাৰ কৰিব লাগিব। এই যান্ত্ৰিক বল জুখিবলৈ প্ৰবাহ তুলা (current balance) নামৰ এবিধ আহিলা ব্যৱহাৰ কৰা হয়।

এতিয়া আধানৰ SI একক কুলম্বক এম্পিয়াৰৰ আধাৰত সংজ্ঞাবদ্ধ কৰিব পাৰি।

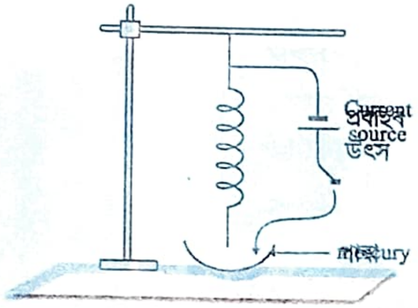
পৰিবাহীয়েদি 1A পৰিমাণৰ সুস্থিৰ প্ৰবাহ বৈ থকা অৱস্থাত তাৰ প্ৰস্থচ্ছেদেদি 1s ত পাৰ হৈ যোৱা আধানক 1 কুলম্ব (1C) বোলে।

সময়-নিৰ্ভৰশীল প্ৰবাহ আৰু/অথবা গতিশীল আধানৰ ক্ষেত্ৰত আধান আৰু/অথবা পৰিবাহীৰ মাজৰ বলসমূহ নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰ নাখাটিবও পাৰে। বল বিজ্ঞানত নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰৰ এটা অত্যাৱশ্যকীয় পৰিণতি এয়ে যে এটা বিচ্ছিন্ন প্ৰণালীত ভৰবেগৰ সংৰক্ষণ হ'ব লাগে অৱশ্যে ক্ষেত্ৰই কঢ়িওৱা ভৰবেগ বিবেচনাৰ্থে গ্ৰহণ কৰিলে সময়-নিৰ্ভৰশীল পৰিস্থিতিবোৰতো ই সঁচা হ'ব।

সমান্তৰাল প্ৰবাহৰ মাজৰ আকৰ্ষণৰ বাবে ৰজেটৰ সৰ্পিল কুণ্ডলী (Roget's spiral for attraction between parallel currents)

সাধাৰণতে বৈদ্যুতিক ক্ৰিয়াবোৰৰ তুলনাত চৌম্বিক ক্ৰিয়াবোৰ সৰু মানৰ হয়। গুণনীয়ক μ ৰ মান ক্ষুদ্ৰ হোৱা বাবে প্ৰবাহৰ মাজৰ বলৰ মানো সৰু হয়। গতিকে প্ৰবাহৰ মাজৰ আকৰ্ষণ বা বিকৰ্ষণৰ প্ৰদৰ্শন কষ্টসাধ্য। উদাহৰণ স্বৰূপে, 1 cm পাৰ্থক্যত সংস্থাপিত দুডাল তাঁৰৰ প্ৰত্যেকতে 5 A কৈ প্ৰবাহ বৈ থাকিলে প্ৰতি মিটাৰত বল হ'ব 5×10^{-4} N, যি 50 mg ওজনৰ সমান। ই পুলীৰ ওপৰেৰে পাৰ হোৱা আৰু 50 mg ৰ দগা এটা সংলগ্ন হৈ থকা ৰচি এডালেদি তাঁৰ এডাল টানিব বিচৰাৰ নিচিনা কথা। তাঁৰডালৰ সৰণ চকুত নপৰা বিধৰ হ'ব।

মিহি স্প্ৰিং ব্যৱহাৰ কৰি সমান্তৰাল প্ৰবাহৰ বাস্তৱিক দৈৰ্ঘ্য বঢ়াব পাৰি আৰু পাৰা ব্যৱহাৰেৰে কেইমিমি (mm) মানৰ ক্ষুদ্ৰ সৰণকো নাটকীয়ভাৱে দৃশ্যমান কৰি তুলিব পাৰি। লগতে প্ৰায় 5 A সুস্থিৰ প্ৰবাহৰ যোগান ধৰিব পৰা এটা ধ্ৰুৱক প্ৰবাহ যোগান যন্ত্ৰৰ (constant-current supply) প্ৰয়োজন হ'ব।



এডাল মিহি স্প্ৰিং যোগাৰ কৰা যাৰ স্বাভাৱিক দোলনৰ পৰ্যায়কাল 0.5 – 1s ৰ ভিতৰত। ইয়াৰ চিত্ৰত দেখুৱা অনুসৰি স্প্ৰিংডাল উলম্বভাৱে ওলোমাই দিয়া আৰু তাৰ নিম্নাংশত জোঙা মূৰ এটা সংযোগ কৰা। সৰু পাত্ৰ এটাত অলপ পাৰা লোৱা আৰু স্প্ৰিংডালৰ অৱস্থান এনেদৰে ৰদ-বদল কৰা যাতে তাৰ জোঙা মূৰটোৱে পাৰা পৃষ্ঠত স্পৰ্শ কৰা নকৰাকৈ থাকে। প্ৰত্যক্ষ DC প্ৰবাহৰ উৎস এটা লোৱা, তাৰ এটা প্ৰান্ত স্প্ৰিঙৰ উৰ্দ্ধাংশৰ সৈতে সংযোগ কৰা আৰু আনটো প্ৰান্ত পাৰাত ডুবাই ৰাখা। স্পিঙৰ জোঙা মূৰটো পাৰাৰ সংস্পৰ্শলৈ আহিলে পাৰাৰ মাজেৰে বৰ্তনীটো সম্পূৰ্ণ হ'ব।

পোনতে প্ৰত্যক্ষ প্ৰবাহৰ উৎসটো বন্ধ কৰি থোৱা। জোঙা মূৰটো এনেকৈ ইফাল-সিফাল কৰা যাতে ই পাৰাপৃষ্ঠক অলপৰ কাৰণে স্পৰ্শ কৰিব পাৰে। ধ্ৰুৱক প্ৰবাহ যোগানটো চালু কৰি দিয়া আৰু চিত্তাকৰ্ষক পৰিণতিলৈ লক্ষ্য কৰা। জোকাৰ মাৰি স্প্ৰিঙডাল সংকুচিত হ'ব আৰু লগে লগে মূৰটো পাৰাৰ পৰা ওলাই আহিব (মাত্ৰ কেইমm মান), বৰ্তনী মুক্ত হ'ব, প্ৰবাহ লুপ্ত হ'ব, স্প্ৰিঙডাল প্ৰসাৰিত হ'ব আৰু পূৰ্বৰ অৱস্থালৈ উভতিবলৈ চেষ্টা কৰিব, মূৰটোৱে পুনৰবাৰ পাৰা স্পৰ্শ কৰি বৰ্তনী সম্পূৰ্ণ কৰিব আৰু টিক্, টিক্, টিক্ ... শব্দৰে চক্ৰটো চলি থাকিব। ভাল ফলাফলৰ বাবে আৰম্ভণিতে কম-বেছি কৰি কিছু হিচাপ মিলোৱাৰ প্ৰয়োজন হ'ব পাৰে।

পাৰাৰ বাষ্পৰ পৰা মুখমণ্ডল আঁতৰাই ৰাখিবা কাৰণ এই বাষ্প বিষাক্ত। বেছি সময়ৰ বাবে পাৰাৰ বাষ্প শ্বাসৰ লগত গ্ৰহণ কৰাৰ পৰা বিৰত থাকিবা।

উদাহৰণ 4.10 ঃ কোনো এক স্থানত পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ আনুভূমিক উপাংশ 3.0×10^{-5} T আৰু ক্ষেত্ৰৰ দিশ ভৌগোলিক দক্ষিণৰ পৰা ভৌগোলিক উত্তৰলৈ। এডাল অতি দীঘল পোন পৰিবাহীয়ে 1A সুস্থিৰ প্ৰবাহ কঢ়িয়াই আছে। আনুভূমিক মেজ এখনত প্ৰতিষ্ঠিত হৈ থকা অৱস্থাত আৰু প্ৰবাহৰ দিশ (a) পূবৰ পৰা পশ্চিমলৈ; (b) দক্ষিণৰ পৰা উত্তৰলৈ হ'লে তাৰ ওপৰত প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত প্ৰয়োগ হোৱা বল কিমান হ'ব।

সমাধান ঃ $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$

$F = IlB \sin\theta$

প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত বল হ'ল

$f = F/l = IB \sin\theta$

(a) প্ৰবাহৰ দিশ যেতিয়া পূবৰ পৰা পশ্চিমলৈ, $\theta = 90°$

গতিকে, $f = IB$

$= 1 \times 3 \times 10^{-5} = 3 \times 10^{-5}$ N m^{-1}

উদাহৰণ 4.10

এম্পিয়াৰৰ সংজ্ঞাত উল্লেখিত মান 2×10^{-7} Nm^{-1} তকৈ ই ডাঙৰ। গতিকে এম্পিয়াৰৰ মান্যকৰণত (Standardisation) পৃথিৱীৰ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ আৰু অন্যান্য বাহিৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰবোৰ নাইকীয়া কৰাটো অতি প্ৰয়োজনীয়।
বলৰ দিশ নিম্নমুখী। ভেক্টৰৰ ক্ৰ'ছ পূৰণৰ নিয়মৰ পৰা এই দিশ নিৰ্ণয় কৰিব পাৰি।
(b) প্ৰবাহৰ দিশ যেতিয়া দক্ষিণৰ পৰা উত্তৰলৈ,
$\theta = 0°$
$f = 0$
গতিকে পৰিবাহীৰ ওপৰত কোনো বল প্ৰয়োগ নহয়।

উদাহৰণ 4.10

4.10 প্ৰবাহ কুণ্ডলীৰ ওপৰত টৰ্ক, চৌম্বিক দ্বিমেৰু (Torque on Current Loop, Magnetic Dipole)

4.10.1 সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত আয়তাকাৰ কুণ্ডলীৰ ওপৰত টৰ্ক (Torque on a rectangular current loop in a uniform magnetic field)

এতিয়া আমি দেখুৱাম যে I সুস্থিৰ প্ৰবাহ কঢ়িওৱা আয়তাকাৰ কুণ্ডলীয়ে সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত টৰ্ক অনুভৱ কৰে। কিন্তু ই কোনো মুঠ বলৰ প্ৰভাৱত নপৰে। এই আচৰণ সুষম বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ আচৰণৰ সৈতে একে (অনুচ্ছেদ 1.10)।

পোনতে আয়তাকাৰ কুণ্ডলীৰ সমতলত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $\vec{B}$ থকাকৈ কুণ্ডলীটো সংস্থাপিত কৰি লোৱা হ'ল। ই এটা সৰল আয়োজন। ইয়াকে 4.21(a) চিত্ৰত দেখুৱা হৈছে।

কুণ্ডলীৰ দুটা বাহু AD আৰু BC ৰ ওপৰত ক্ষেত্ৰই কোনো বল প্ৰয়োগ নকৰে। ই কুণ্ডলীৰ AB বাহুৰ লম্ব আৰু তাৰ ওপৰত $\vec{F}_1$ বল প্ৰয়োগ কৰে যাৰ দিশ কুণ্ডলীৰ সমতলৰ ভিতৰলৈ। ইয়াৰ মান হ'ল

$\mathbf{F}_1 = I\,b\,B$

একেদৰে ই CD বাহুৰ ওপৰত $\vec{F}_2$ বল প্ৰয়োগ কৰে আৰু $\vec{F}_2$ ৰ দিশ কাগজৰ সমতলৰ পৰা বাহিৰলৈ।

$F_2 = I\,b\,B = F_1$

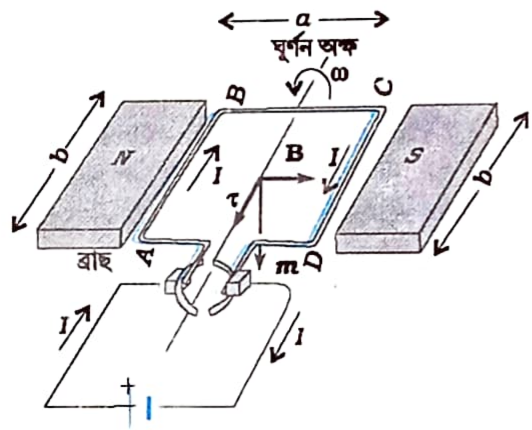
গতিকে, কুণ্ডলীৰ ওপৰত মুঠ বল শূন্য। কিন্তু $\vec{F}_1$ আৰু $\vec{F}_2$ বল যোৰাৰ বাবে কুণ্ডলীৰ ওপৰত এটা টৰ্কে ক্ৰিয়া কৰিব। 4.21(b) চিত্ৰত AD ৰ ফালৰ পৰা কুণ্ডলীটোৰ দৃশ্য দেখুৱা হৈছে। ইয়াৰ পৰা বুজিব পাৰি যে টৰ্কটোৱে কুণ্ডলীক ঘড়ী কাঁটাৰ বিপৰীতে ঘূৰাব। এই টৰ্কৰ মান হ'ল

$$\tau = F_1\frac{a}{2} + F_2\frac{a}{2}$$

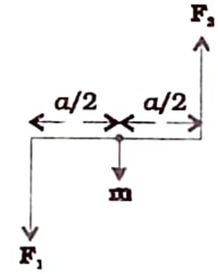
$$= IbB\frac{a}{2} + IbB\frac{a}{2} = I(ab)B$$

$$= I\,A\,B \qquad (4.26)$$

য'ত $A = ab$ হ'ল আয়ত ক্ষেত্ৰটোৰ ক্ষেত্ৰফল।



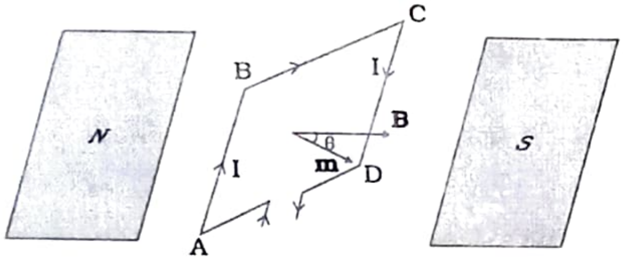
(a)



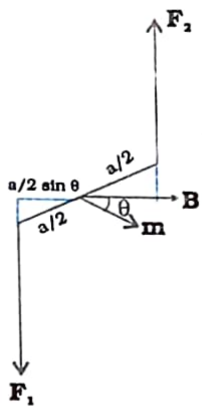
(b)

চিত্ৰ 4.21 (a) সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত এটা প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা আয়তাকাৰ কুণ্ডলী। চৌম্বিক ভ্ৰামক $\vec{m}$ ৰ দিশ নিম্নমুখী। টৰ্ক $\vec{\tau}$ অক্ষীয় আৰু ই কুণ্ডলীক ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীতে ঘূৰাব বিচাৰে। (b) কুণ্ডলীৰ ওপৰত ক্ৰিয়াশীল বলযুগ্ম।

এতিয়া আমি কুণ্ডলীৰ সমতল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশে নাৰাখি তাৰ লগত কোণীয়াকৈ ৰাখিম। লগতে ক্ষেত্ৰ আৰু কুণ্ডলীৰ সমতলৰ ওপৰত টনা লম্বৰ মাজৰ কোণ θ বুলি গণ্য কৰিম। (পূৰ্বৰ অৱস্থাত θ ৰ মান $\pi/2$ আছিল)। 4.22 চিত্ৰত এই সাধাৰণ অৱস্থাটো প্ৰদৰ্শিত হৈছে।



(a)



(b)

চিত্ৰ 4.22 (a) ABCD কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰফল ভেক্টৰে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৈতে এটা কোণ কৰিছে। (b) ওপৰৰ পৰা কুণ্ডলীৰ দৃশ্য। AD আৰু CD বাহুত ক্ৰিয়াশীল বল $\vec{F}_1$ আৰু $\vec{F}_2$ ক দেখুৱা হৈছে।

BC আৰু DA বাহুৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বল দুটা সমান, বিপৰীত আৰু কুণ্ডলীৰ অক্ষৰ দিশেৰে ক্ৰিয়াশীল। অক্ষডালে BC আৰু DA ৰ ভৰকেন্দ্ৰ সংযোগ কৰিছে। অক্ষৰ সমৰেখীয় বাবে বল দুটাই পৰস্পৰক প্ৰশমিত কৰে, ফলত মুঠ বল অথবা টৰ্কৰ উপস্থিতি নাইকীয়া হয়। AB আৰু CD বাহুত প্ৰয়োগ হোৱা বল ক্ৰমে $\vec{F}_1$ আৰু $\vec{F}_2$। ইহঁতো সমান আৰু বিপৰীত; ইহঁতৰ মান

$$F_1 = F_2 = I\,b\,B$$

কিন্তু ইহঁত একৰেখীয় নহয়। পূৰ্বৰ দৰে এতিয়া এটা বলযুগ্মৰ জন্ম হ'ব। অৱশ্যে, কুণ্ডলীৰ সমতল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ লগত মিলি থকা অৱস্থাৰ তুলনাত এতিয়াৰ টৰ্কৰ মান কম। বলযুগ্মৰ বল দুটাৰ মাজৰ লম্ব দূৰত্ব কমি যোৱাৰ বাবে এনে হয়। AD ৰ ফালৰ পৰা সজ্জাটোৰ দৃশ্য 4.22(b) চিত্ৰত দেখুৱা হৈছে আৰু ইয়াতেই বলযুগ্ম গঠন কৰা বল দুটা প্ৰদৰ্শিত হৈছে। কুণ্ডলীত ক্ৰিয়াশীল টৰ্কৰ মান হ'ব

$$\tau = F_1 \frac{a}{2}\sin\theta + F_2 \frac{a}{2}\sin\theta$$

$$= I\,ab\,B\sin\theta$$

$$= I\,A\,B\sin\theta \qquad (4.27)$$

যেতিয়া $\theta \rightarrow 0$, তেতিয়া বলযুগ্মৰ বলদুটাৰ মাজৰ লম্ব দূৰত্বও শূন্যৰ কাষ চাপে। এনে পৰিস্থিতিত বল দুটা একৰেখীয় হৈ মুঠ বল আৰু টৰ্ক নাইকীয়া কৰে। (4.26) আৰু (4.27) সমীকৰণক কুণ্ডলীৰ **চৌম্বিক ভ্ৰামক (magnetic moment)** আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ ভেক্টৰ পূৰণ ৰূপে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি। প্ৰবাহ কুণ্ডলীৰ (current loop) চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ সংজ্ঞা হ'ল

$$\vec{m} = I\,\vec{A} \qquad (4.28)$$

ইয়াত সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়মে ক্ষেত্ৰফল ভেক্টৰ $\vec{A}$ ৰ দিশ দিব আৰু (4.21) চিত্ৰত ইয়াৰ দিশ কাগজৰ সমতলৰ ভিতৰলৈ। যিহেতু $\vec{m}$ আৰু $\vec{B}$ ৰ মাজৰ কোণ θ, গতিকে (4.26) আৰু (4.27) সমীকৰণক এটা প্ৰকাশ ৰাশিৰে প্ৰকাশ কৰিব পাৰি

$$\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B} \qquad (4.29)$$

ই স্থিতি বৈদ্যুতিক অৱস্থাৰ সদৃশ (বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ $\vec{E}$ ত উপস্থিত $\vec{P}_e$ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু)।

$$\vec{\tau} = \vec{P}_e \times \vec{E}$$

(4.28) সমীকৰণৰ পৰা ই স্পষ্ট যে চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ মাত্ৰাসমূহ হ'ল $[A][L^2]$ আৰু ইয়াৰ একক Am^2।

(4.29) সমীকৰণৰ পৰা আমি দেখোঁ যেতিয়া $\vec{m}$, $\vec{B}$ সমান্তৰাল অথবা বিপৰীত সমান্তৰাল হয় তেতিয়া টৰ্ক $\vec{\tau}$ শূন্য হয়। টৰ্কৰ উপস্থিতি নাথাকে বাবে ই এটা সাম্য অৱস্থা ($\vec{m}$ চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ যিকোনো বস্তুৰ ক্ষেত্ৰতে ই প্ৰযোজ্য)। $\vec{m}$ আৰু $\vec{B}$ সমান্তৰাল হ'লে সাম্যৰ প্ৰকৃতি সুস্থিৰ হয়।

কুণ্ডলীৰ যিকোনো সৰু ঘূৰ্ণনে এটা টৰ্কৰ জন্ম দিয়ে যিটোৱে তাক পূৰ্বৰ অৱস্থালৈ উভতাই আনে। আনহাতে সিহঁত বিপৰীত সমান্তৰাল হ'লে সাম্যৰ প্ৰকৃতি অস্থিৰ হ'ব, কাৰণ যিকোনো ঘূৰ্ণনে এটা টৰ্কৰ জন্ম দিব যিটোৱে ঘূৰ্ণনৰ পৰিমাণ বঢ়াব। এডাল সৰু চুম্বক বা যিকোনো চৌম্বিক দ্বিমেৰুৱে বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ সৈতে সমৰেখীয় হোৱাৰ কাৰণো হ'ল এই টৰ্কৰ উপস্থিতি।

কুণ্ডলীৰ N টা ঘনকৈ পকোৱা পাক থাকিলে (4.29) সমীকৰণে দিয়া টৰ্কৰ প্ৰকাশ ৰাশি একেই থাকে, কিন্তু

$$\vec{m} = N I \vec{A} \tag{4.30}$$

উদাহৰণ 4.11 10 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ আৰু 100 টা ঘনকৈ পকোৱা পাকৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীয়ে 3.2 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াই আছে। (a) কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ কিমান? (b) এই কুণ্ডলীৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক কিমান?

এখন উলম্ব সমতলত কুণ্ডলীটো সংস্থাপিত হৈছে আৰু ইয়াৰ ব্যাসৰ সৈতে মিলি থকা আনুভূমিক অক্ষ এডালৰ সাপেক্ষে ই ঘূৰিব পাৰে। 2T ৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন আনুভূমিক দিশত এনেদৰে প্ৰতিষ্ঠিত যে আৰম্ভণিত কুণ্ডলীৰ অক্ষই ক্ষেত্ৰৰ দিশত মুৰ কৰি থাকে। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত কুণ্ডলীয়ে 90° ৰ ঘূৰ্ণন সম্পূৰ্ণ কৰে। (c) প্ৰাৰম্ভিক আৰু অন্তিম অৱস্থাত কুণ্ডলীৰ ওপৰত ক্ৰিয়াশীল টৰ্কৰ মান নিৰ্ণয় কৰা। (d) 90° ৰ ঘূৰ্ণন সম্পূৰ্ণ হোৱাৰ মুহূৰ্তত কুণ্ডলীয়ে লাভ কৰা কৌণিক দ্ৰুতি কিমান? কুণ্ডলীৰ জড় ভ্ৰামক 0.1 kg m²।

সমাধান ঃ

(a) (4.16) সমীকৰণৰ পৰা

$$B = \frac{\mu_0 N I}{2R}$$

ইয়াত $N = 100$; $I = 3.2$ A, আৰু $R = 0.1$ m। গতিকে

$$B = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 10^2 \times 3.2}{2 \times 10^{-1}} = \frac{4 \times 10^{-5} \times 10}{2 \times 10^{-1}} \quad (\pi \times 3.2 = 10 \text{ ব্যৱহাৰ কৰি})$$

$$= 2 \times 10^{-3}\ \text{T}$$

সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়মে দিশ সূচাব।

(b) (4.30) সমীকৰণে চৌম্বিক ভ্ৰামক দিব

$$m = N I A = N I \pi r^2 = 100 \times 3.2 \times 3.14 \times 10^{-2} = 10\ \text{A m}^2$$

আগৰ দৰে এইবাৰো সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়মে দিশ সূচাব।

(c) $\tau = \left|\vec{m} \times \vec{B}\right|$ [(4.29) সমীকৰণৰ পৰা]

$$= m B \sin\theta$$

প্ৰাৰম্ভিক অৱস্থাত, $\theta = 0$। গতিকে প্ৰাৰম্ভিক টৰ্ক $\tau_i = 0$। অন্তিম অৱস্থাত, $\theta = \pi/2$ (বা 90°)। গতিকে অন্তিম টৰ্ক $\tau_f = m B = 10 \times 2 = 20$ N m.

(d) নিউটনৰ দ্বিতীয় সূত্ৰৰ পৰা

$$I \frac{d\omega}{dt} = m B \sin\theta$$

য'ত I হ'ল কুণ্ডলীৰ জড় ভ্ৰামক। শৃংখল নিয়ম অনুসৰি

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = \frac{d\omega}{d\theta}\omega$$

ইয়াক ব্যৱহাৰ কৰি $I \omega\, d\omega = m B \sin\theta\, d\theta$

উদাহৰণ 4.11

উদাহৰণ 4.11

$\theta = 0$ ৰ পৰা $\theta = \pi/2$ লৈ সমাকলন কৰি

$$I\int_0^{\omega_f} \omega\, d\omega = mB\int_0^{\pi/2} \sin\theta\, d\theta$$

$$I\frac{\omega_f^2}{2} = -mB\cos\theta \Big|_0^{\pi/2} = mB$$

$$\omega_f = \left(\frac{2mB}{I}\right)^{1/2} = \left(\frac{2\times 20}{10^{-1}}\right)^{1/2} = 20\ s^{-1}$$

উদাহৰণ 4.12

উদাহৰণ 4.12

(a) মসৃণ আনুভূমিক সমতল এখনত প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটা থোৱা আছে। এনেকুৱাকৈ এখন সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰতিস্থাপিত কৰিব পৰা যাব নেকি যাতে কুণ্ডলীটোৱে নিজই ঘূৰিব পাৰে (অৰ্থাৎ উলম্ব অক্ষৰ সাপেক্ষে)

(b) এখন সুষম বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটা থোৱা আছে। যদি কুণ্ডলীৰ ঘূৰ্ণন স্বাধীনতা আছে তেন্তে তাৰ সুস্থিৰ সাম্যৰ দিক্‌বিন্যাস কি হ'ব? দেখুৱা যে এই দিক বিন্যাসত মুঠ ক্ষেত্ৰৰ (বাহ্যিক ক্ষেত্ৰ + কুণ্ডলীয়ে উৎপন্ন কৰা ক্ষেত্ৰ) অভিবাহ (flux) সৰ্বোচ্চ।

(c) প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা অনিয়তাকাৰ কুণ্ডলী এটা এখন বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত থোৱা আছে। তাঁৰডাল লেতু-সেতু হ'লে সি কিয় বৃত্তৰ আকাৰলৈ পৰিবৰ্তিত হয় ব্যাখ্যা কৰা।

সমাধান ঃ

(a) নোৱাৰি, কাৰণ তাৰ বাবে τ ৰ দিশ উলম্ব হ'ব লাগিব। কিন্তু $\vec{\tau} = I\vec{A}\times\vec{B}$, আৰু যিহেতু আনুভূমিক কুণ্ডলীৰ $\vec{A}$ ৰ দিশ উলম্ব, যিকোনো $\vec{B}$ ৰ বাবে τ কুণ্ডলীৰ সমতলত থাকিব।

(b) সুস্থিৰ সাম্যৰ স্বৰ্ত হৈছে কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰফল ভেক্টৰ $\vec{A}$ আৰু চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ একে হ'ব লাগিব। এই দিকবিন্যাসত কুণ্ডলীৰ দ্বাৰা উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ আৰু বাহ্যিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশ একে হয় আৰু উভয়ে কুণ্ডলীৰ সমতলৰ লম্ব ৰূপে অধিষ্ঠিত হয়। ফলস্বৰূপে মুঠ ক্ষেত্ৰৰ ফ্লাক্সৰ মান সৰ্বোচ্চ হয়।

(c) নিজৰ সমতল ক্ষেত্ৰৰ সৈতে লম্ব কৰি ই বৃত্তৰ আকাৰ ধাৰণ কৰি ফ্লাক্স সৰ্বোচ্চ কৰে, কিয়নো যিকোনো পৰিধিৰ কাৰণে বৃত্তই যিকোনো আকাৰৰ তুলনাত বেছি ঠাই আগুৰে।

4.10.2 চৌম্বিক দ্বিমেৰু হিচাপে বৃত্তাকাৰ প্ৰবাহ কুণ্ডলী (Circular current loop as a magnetic dipole)

অনুচ্ছেদত আমি মৌলিক চৌম্বিক উপাদান, প্ৰবাহ কুণ্ডলীৰ বিষয়ে আলোচনা কৰিম। আমি দেখুৱাম যে বৃত্তাকাৰ প্ৰবাহ কুণ্ডলীৰ দ্বাৰা উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ (অধিক দূৰত্বত) প্ৰকৃতি বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰুৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ সৈতে বহু পৰিমাণে একে। 4.6 অনুচ্ছেদত আমি R ব্যাসাৰ্দ্ধৰ আৰু I প্ৰবাহ কঢ়িওৱা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটা অক্ষত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ নিৰূপণ কৰিছিলোঁ। এই ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ল [সমীকৰণ (4.15)],

$$B = \frac{\mu_0 I R^2}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}}$$

আৰু ইয়াৰ দিশ অক্ষীয় আৰু সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়মেৰে নিৰ্দিষ্ট হয় (চিত্ৰ 4.12)। ইয়াত x হ'ল কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা অক্ষৰ দিশেদি দূৰত্ব। $x >> R$ স্বৰ্তৰ বাবে, বিভাজকৰ পৰা R^2 ৰাশি বাদ দিব পাৰি। গতিকে,

$$B = \frac{\mu_0 R^2}{2x^3}$$

মন কৰা যে কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰফল $A = \pi R^2$। গতিকে,

$$B = \frac{\mu_0 IA}{2\pi x^3}$$

পূৰ্বে দিয়া সংজ্ঞা অনুসৰি চৌম্বিক ভ্ৰামক $\vec{m}$ ৰ মান IA। $\vec{m} = I\vec{A}$, গতিকে

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \vec{m}}{2\pi x^2}$$

$$= \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{2\vec{m}}{x^2} \qquad [4.31(a)]$$

[4.31(a)] সমীকৰণৰ প্ৰকাশ ৰাশি পূৰ্বতে নিৰ্ণয় কৰা দ্বিমেৰুৰ বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰকাশ ৰাশিৰ সৈতে বহুখিনি একে। μ_0 ৰ নিম্নোক্ত মানব্যৱহাৰ কৰিলে এই সাদৃশ্য চকুত পৰে,

$\mu_0 \to 1/\varepsilon_0$

$\vec{m} \to \vec{P}_e$ (স্থিতিবৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু)

$\vec{B} \to \vec{E}$ (স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ)

আমি তেতিয়া পাম,

$$\vec{E} = \frac{2\vec{P}_e}{4\pi\varepsilon_0 x^3}$$

এয়া হ'ল যথাৰ্থতে প্ৰথম অধ্যায়ৰ 1.10 অনুচ্ছেদত বিবেচনা কৰা [সমীকৰণ (1.20)] বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু এটাৰ অক্ষত অৱস্থিত বিন্দুত ক্ষেত্ৰ।

ওপৰোক্ত তুলনাক আৰু অধিক সম্প্ৰসাৰিত কৰিব পাৰি। প্ৰথম অধ্যায়ত আমি পাইছিলোঁ যে দ্বিমেৰুৰ লম্ব দ্বিখণ্ডকত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ [সমীকৰণ (1.21) দ্ৰষ্টব্য]

$$\vec{E} \cong \frac{\vec{P}_e}{4\pi\varepsilon_0 x^3}$$

য'ত x হ'ল দ্বিমেৰুৰ পৰা দূৰত্ব। যদি আমি ওপৰৰ প্ৰকাশ ৰাশিত $\vec{p} \to \vec{m}$ আৰু $\mu_0 \to 1/\varepsilon_0$ ৰে সলনি কৰোঁ তেন্তে কুণ্ডলীৰ সমতলত কেন্দ্ৰৰ পৰা x দূৰত্বত $\vec{B}$ প্ৰকাশ ৰাশি পাম। $x >> R$ স্বৰ্ত সাপেক্ষে,

$$\vec{B} \cong \frac{\mu_0 \vec{m}\vec{P}_e}{4\pi x^3}; \qquad x >> R \qquad [4.31(b)]$$

[4.31(a)] আৰু [4.31(b)] সমীকৰণে দিয়া ফলাফল, বিন্দু চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰ (point magnetic dipole) ক্ষেত্ৰত নিৰ্ভুল ফলাফল হ'ব।

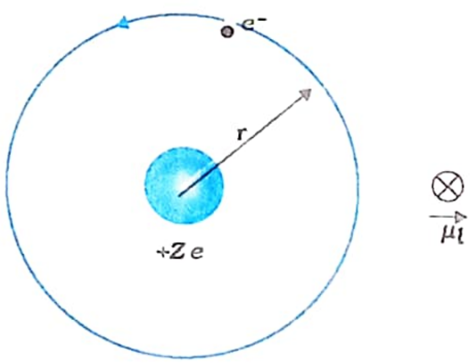
ওপৰৰ ফলাফলবোৰ যিকোনো সমতলীয় কুণ্ডলীৰ ক্ষেত্ৰতে প্ৰযোজ্য বুলি দেখুৱাব পাৰি ঃ এটা সমতলীয় কুণ্ডলী, $\vec{m} = I\vec{A}$ দ্বিমেৰু ভ্ৰামকৰ চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰ সমতুল্য; আকৌ চৌম্বিক ভ্ৰামক m বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু ভ্ৰামক $\vec{p}$ ৰ সমতুল্য। অৱশ্যে এটা বুনিয়াদী পাৰ্থক্যলৈ মন কৰিবা ঃ বৈদ্যুতিক দ্বিমেৰু দুটা প্ৰাথমিক আধানৰ (অথবা বৈদ্যুতিক একক মেৰু) দ্বাৰা গঠিত হয়। চুম্বকত্বত আটাইতকৈ প্ৰাথমিক উপাদানটো হৈছে এটা চৌম্বিক দ্বিমেৰু (অথবা এটা প্ৰবাহ কুণ্ডলী)। বৈদ্যুতিক আধানৰ সমতুল্য চৌম্বিক একক মেৰুৰ (monopole) অৱস্থিতি জ্ঞাত হোৱা নাই।

আমি দেখুৱালোঁ যে প্ৰবাহ কুণ্ডলীয়ে (i) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ উৎপন্ন কৰে (4.12 চিত্ৰ দ্ৰষ্টব্য) আৰু অধিক দূৰত্বত চৌম্বিক দ্বিমেৰুৰ সদৃশ আচৰণ কৰে আৰু (ii) চুম্বক শলাৰ নিচিনাকৈ টৰ্কৰ দ্বাৰা প্ৰভাবিত হয়। চুম্বকত্বৰ আটাইবোৰ পৰিঘটনাৰ মূলতে বৰ্তনীত ঘূৰা প্ৰবাহ বুলি সিদ্ধান্তত উপনীত হ'বলৈ ইয়েই এম্পিয়াৰক

উদ্বুদ্ধ কৰিছিল। এই সিদ্ধান্তক আংশিকৰূপে শুদ্ধ যেন লাগে আৰু এতিয়ালৈকে এটাও চৌম্বিক একক মেৰু আৱিষ্কৃত হোৱা নাই। অৱশ্যে ইলেক্ট্ৰন বা প্ৰ'টনৰ দৰে মৌলিক কণাৰ স্বকীয় (intrinsic) চৌম্বিক ভ্ৰামক থাকে যিবোৰৰ বিৱৰণী বৰ্তনীত ঘূৰি থকা প্ৰবাহে দিব নোৱাৰে।

4.10.3 পৰিভ্ৰমণৰত ইলেক্ট্ৰনৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক (The magnetic dipole moment of a revolving electron)

দ্বাদশ অধ্যায়ত আমি হাইড্ৰ'জেন পৰমাণুৰ ব'ৰৰ আৰ্হিৰ (Bohr model) বিষয়ে পঢ়িম। 1911 চন ডানিচ পদাৰ্থবিদ নেইল্‌চ ব'ৰে (Niels Bohr) উপস্থাপন কৰা আৰ্হিৰ বিষয়ে তোমালোকে বোধহয় শুনিছা; এই আৰ্হিয়ে কোৱাণ্টাম বল বিজ্ঞান (quantum mechanics) নামৰ এবিধ নতুন বল বিজ্ঞানৰ ভেটি স্থাপন কৰিছিল। ব'ৰৰ আৰ্হিত গ্ৰহই সূৰ্যৰ চাৰিওফালে পৰিভ্ৰমণ কৰাৰ লেখীয়াকৈ ইলেক্ট্ৰনে (এবিধ ঋণাত্মকভাৱে আহিত কণা) ধনাত্মকভাৱে আহিত নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে পৰিভ্ৰমণ কৰি থাকে। গ্ৰহ-সূৰ্যৰ ক্ষেত্ৰত বলৰ প্ৰকৃতি মহাকৰ্ষণীয় কিন্তু ইলেক্ট্ৰন-নিউক্লিয়াছৰ ক্ষেত্ৰত ই স্থিতিবৈদ্যুতিক (কুলম্ব)। 4.23 চিত্ৰত ব'ৰৰ আৰ্হিত ইলেক্ট্ৰনৰ ছবি দেখুৱা হৈছে।



চিত্ৰ 4.23 হাইড্ৰ'জেন সদৃশ পৰমাণুৰ ব'ৰৰ আৰ্হিত ঋণাত্মকভাৱে আহিত ইলেক্ট্ৰনে কেন্দ্ৰস্থিত ধনাত্মকভাৱে আহিত (+Z e) নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে সুষম দ্ৰুতিৰে পৰিভ্ৰমণ কৰি আছে। ইলেক্ট্ৰনৰ সুষম দ্ৰুতিৰ গতিয়ে প্ৰবাহৰ জন্ম দিয়ে। চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ দিশ কাগজৰ সমতলৰ ভিতৰলৈ আৰু পৃথকভাৱে ⊗ চিহ্নেৰে নিৰ্দেশিত হৈছে।

$-e$ ($e = +\ 1.6 \times 10^{-19}$ C) আধানবিশিষ্ট ইলেক্ট্ৰনে $+Ze$ আধানৰ স্থিতিশীল গধুৰ নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে সুষম বৃত্তীয় গতি সম্পাদন কৰে। ই এটা প্ৰবাহ I ৰ জন্ম দিয়ে, য'ত

$$I = \frac{e}{T} \tag{4.32}$$

আৰু T হ'ল পৰিভ্ৰমণৰ পৰ্যায়কাল। ধৰা হওক, ইলেক্ট্ৰনৰ কক্ষীয় ব্যাসাৰ্দ্ধ r আৰু কক্ষীয় দ্ৰুতি v। তেতিয়া,

$$T = \frac{2\pi r}{v} \tag{4.33}$$

(4.32) সমীকৰণত বহুৱালে, আমি পাম $I = ev/2\pi r$।

এই পৰিসঞ্চাৰিত (circulating) প্ৰবাহৰ বাবে চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ উৎপত্তি হ'ব, যাক সাধাৰণতে μ_l ৰে বুজোৱা হয়। (4.28) সমীকৰণৰ পৰা ইয়াৰ মান,

$\mu_l = I\pi r^2 = evr/2$।

4.23 চিত্ৰত এই চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ দিশ কাগজৰ সমতলৰ ভিতৰলৈ [পূৰ্বে আলোচনা কৰা সোঁহাতৰ নিয়ম আৰু ইলেক্ট্ৰনে ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীতে ঘূৰি ঘড়ীৰ কাঁটাৰ দিশে প্ৰবাহ প্ৰতিষ্ঠা কৰা তথ্যৰ পৰা ই প্ৰতীয়মান হয়। ওপৰৰ সমীকৰণৰ সোঁফালক ইলেক্ট্ৰনৰ ভৰ m_e ৰে পূৰণ আৰু ভাগ কৰি আমি পাওঁ,

$$\mu_l = \frac{e}{2m_e}(m_e v r)$$

$$= \frac{e}{2m_e} l \tag{4.34(a)}$$

ইয়াত, l হ'ল কেন্দ্ৰীয় নিউক্লিয়াছৰ সাপেক্ষে ইলেক্ট্ৰনৰ কৌণিক ভৰবেগৰ মান ("কক্ষীয়" কৌণিক ভৰবেগ)। ভেক্টৰ ৰূপত,

$$\vec{\mu}_l = -\frac{e}{2m_e}\vec{l} \tag{4.34(b)}$$

ঋণাত্মক চিনে ইলেক্ট্ৰনৰ কৌণিক ভৰবেগ যে চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ বিপৰীত দিশত তাকে বুজাইছে। ($-e$) আধানৰ ইলেক্ট্ৰনৰ সলনি আমি ($+q$) আধানৰ কণা এটা বিবেচনা কৰা হ'লে কৌণিক ভৰবেগ আৰু চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ দিশ একে হ'লহেঁতেন।

$$\frac{\mu_l}{l} = \frac{e}{2m_e} \tag{4.35}$$

অনুপাতক জাইৰ'মেগনেটিক **(gyromagnetic)** অনুপাত বোলে আৰু ই এটা ধ্ৰুৱক। ইলেক্ট্ৰনৰ বাবে ইয়াৰ মান 8.8×10^{10} C /kg , ইয়াৰ পৰীক্ষাৰ দ্বাৰা প্ৰতিপন্ন কৰা হৈছে।

পাৰমাণৱিক স্তৰতো চৌম্বিক ভ্ৰামকৰ অৱস্থিতিৰ তথ্যই এম্পিয়াৰৰ পাৰমাণৱিক চৌম্বিক ভ্ৰামক সম্বন্ধে সাহসী ধাৰণাক সাব্যস্ত কৰে। এম্পিয়াৰৰ মতে ই পদাৰ্থৰ চৌম্বিক প্ৰকৃতিৰ ব্যাখ্যাত সহায়ক হ'ব। এই পাৰমাণৱিক চৌম্বিক ভ্ৰামকত কোনোবাই এটা মান আৰোপ কৰিবলৈ সক্ষম হ'বনে? এই প্ৰশ্নৰ উত্তৰ হ'ল— হ'ব। ব'ৰৰ আৰ্হিৰ গণ্ডীৰ ভিতৰতে এয়া সম্ভৱ। ব'ৰে যুক্তি সহকাৰে ধাৰণা কৰিছিল যে কৌণিক ভৰবেগৰ মানবোৰে বিচ্ছিন্ন (discrete) হয়, অৰ্থাৎ

$$l = \frac{nh}{2\pi} \tag{4.36}$$

য'ত n এটা প্ৰাকৃতিক (natural) সংখ্যা, $n = 1, 2, 3, ...$ আৰু h হ'ল মেক্স প্লাংকৰ (Max Planck) নামেৰে জ্ঞাত এটা ধ্ৰুৱক (প্লাংকৰ ধ্ৰুৱক) যাৰ মান $h = 6.626 \times 10^{-34}$ Js। বিচ্ছিন্নতাৰ এই স্বৰ্তকেই ব'ৰ কোৱান্টামকৰণ স্বৰ্ত **(Bohr quantisation condition)** বুলি কোৱা হয়। দ্বাদশ অধ্যায়ত এই বিষয়ে আমি বিশদ আলোচনা কৰিম। ইয়াত আমাৰ উদ্দেশ্য হ'ল ইয়াৰ ব্যৱহাৰেৰে মৌলিক চৌম্বিক ভ্ৰামক নিৰ্ণয় কৰাহে। n ৰ মান 1বুলি ধৰা; (4.34) সমীকৰণৰ পৰা আমি পাওঁ,

$$(\mu_l)_{min} = \frac{e}{4\pi m_e}h$$

$$= \frac{1.60\times10^{-19}\times6.63\times10^{-34}}{4\times3.14\times9.11\times10^{-31}}$$

$$= 9.27 \times 10^{-24}\ \text{Am}^2 \tag{4.37}$$

য'ত পদাংক 'min' ৰ অৰ্থ সৰ্বনিম্ন (minimum)। এই মানক ব'ৰ মেগনেটন **(Bohr magneton)** বুলি কোৱা হয়।

সুষম বৃত্তীয় গতিত থকা যিকোনো আধানৰে (4.34) সমীকৰণে দিয়া প্ৰকাশ ৰাশিৰ সদৃশ এটা চৌম্বিক ভ্ৰামক জড়িত থাকে। এই বিধৰ ভ্ৰামকক কক্ষীয় চৌম্বিক ভ্ৰামক **(orbital magnetic moment)** বুলি নামকৰণ কৰা হৈছে। এই কাৰণেই m_lত পদাংক l লিখা হয়। কক্ষীয় ভ্ৰামকৰ উপৰিও ইলেক্ট্ৰনৰ এটা স্বকীয় চৌম্বিক ভ্ৰামক থাকে, যাৰ সাংখ্যিক মান (4.37) সমীকৰণে দিয়া মানৰ সমান। ইয়াক স্পিন চৌম্বিক ভ্ৰামক **(spin magnetic moment)** বুলি কোৱা হয়। অৱশ্যে আমি লগে লগেই কোৱা উচিত যে ইলেক্ট্ৰন এটাই কেতিয়াও আবৰ্তন অৱস্থাত নাথাকে। ইলেক্ট্ৰন এবিধ মৌলিক কণা আৰু লাটুম বা আমাৰ পৃথিৱীৰ দৰে আবৰ্তন কৰিবলৈ ইয়াৰ কোনো অক্ষ নাথাকে। তৎস্বত্বেও ইয়াৰ স্বকীয় চৌম্বিক ভ্ৰামক নিহিত হৈ থাকে। লো আৰু আন পদাৰ্থৰ চুম্বকত্বৰ মুল এই স্বকীয় স্পিন চৌম্বিক ভ্ৰামকত অন্তৰ্নিহিত হৈ আছে।

4.11 চলকুণ্ডলী গেলভেনʼমিটাৰ (The Moving Coil Galvanometer)

তৃতীয় অধ্যায়ত প্ৰবাহ আৰু বিভৱৰ বিষয়ে বিশদভাৱে আলোচনা কৰা হৈছিল। কিন্তু আমি সিহঁতক কেনেকৈ জুখিম? কোনো বৰ্তনীত প্ৰবাহ 1.5 A বা কোনো ৰোধত বিভৱান্তৰ 1.2 V বুলি আমি কেনেকৈ ঠিৰাং কৰোঁ? 4.24 চিত্ৰত এনে কাৰ্যৰ বাবে অতি উপযোগী সঁজুলি এটা দেখুৱা হৈছে: ই হ'ল চলকুণ্ডলী গেলভেনʼমিটাৰ (moving coil galvanometer, MCG)। 4.10 অনুচ্ছেদৰ আলোচনাৰ আধাৰত

PHYSICS

Conversion of galvanometer into ameter and voltmeter:
http://patsy.hunter.cuny.edu/CORE/CORE4/LectureNotes/Electricity/electric6.htm

এইবিধ সঁজুলিৰ মূলনীতি বুজিব পাৰি।

নিৰ্ধাৰিত অক্ষৰ সাপেক্ষে (চিত্ৰ 4.24) সুষম অৰীয় (radial) চুম্বক ক্ষেত্ৰত মুক্তভাৱে ঘূৰিবলৈ সক্ষম বহুসংখ্যক পাকবিশিষ্ট কুণ্ডলী এটাই হ'ল গেলভেন'মিটাৰৰ মূল অংগ। তাতে চুঙা আকৃতিৰ কোমল লোৰ (soft iron) মজ্জা এটা থাকে যিয়ে ক্ষেত্ৰখনক অৰীয় কৰাৰ উপৰিও চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ শক্তিও বৃদ্ধি কৰে। কুণ্ডলীৰ মাজেৰে প্ৰবাহ চালিত হ'লে তাৰ ওপৰত টৰ্ক এটা ক্ৰিয়াশীল হয়। (4.26) সমীকৰণে দিয়া অনুসৰি এই টৰ্ক হ'ল

$\tau = NI\,AB$

য'ত প্ৰতীকচিহ্নবোৰে সিহঁতৰ সাধাৰণতে প্ৰচলিত অৰ্থ বুজাইছে। যিহেতু ক্ষেত্ৰ অৰীয় দিশত লোৱা হৈছে, আমি টৰ্কৰ ওপৰৰ প্ৰকাশ ৰাশিত $\sin\theta = 1$ বহুৱাইছোঁ। চৌম্বিক টৰ্ক $NIAB$ এ কুণ্ডলীটো ঘূৰাবলৈ বিচাৰিব। কিন্তু S_p স্প্ৰিঙডালে এটা প্ৰতিৰোধী টৰ্ক, $k\,\phi$ প্ৰয়োগ কৰি চৌম্বিক টৰ্ক $NIAB$ ক সন্তুলিত কৰে ঃ যাৰ ফলত কুণ্ডলীৰ এক সুস্থিৰ কৌণিক বিচ্যুতি ϕ ঘটে। সাম্য অৱস্থাত

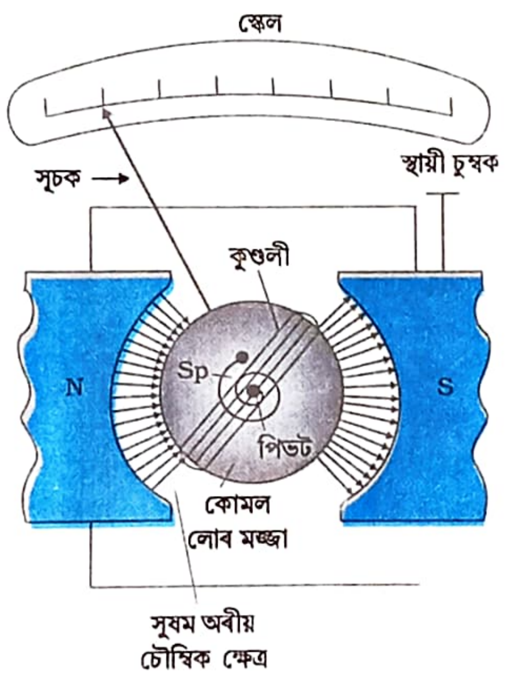
$k\phi = NI\,AB$

য'ত k হ'ল স্প্ৰিঙডালৰ পাক ধ্ৰুৱক (torsional constant) অৰ্থাৎ প্ৰতি একক বিচ্যুতিত প্ৰতিৰোধী বা পুনৰানয়ন (restoring) টৰ্ক। স্প্ৰিঙৰ লগত সংযোগ কৰি থোৱা কাঁটা এডালে স্কেলত যদি বিচ্যুতি ϕ নিৰ্দেশিত কৰে। আমি পাম,

$$\phi = \left(\frac{NAB}{k}\right) I \qquad (4.38)$$

বন্ধনীৰ মাজৰ ৰাশি প্ৰদত্ত গেলভেন'মিটাৰ এটাৰ বাবে ধ্ৰুৱক।

গেলভেন'মিটাৰক কেবা ধৰণে কামত লগাব পাৰি। বৰ্তনীত প্ৰবাহৰ উপস্থিতি ধৰা পেলাবলৈ ইয়াক সংসূচক (detector) হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। এনে সজুঁলিৰ ব্যৱহাৰৰ বিষয়ে আমি হুইষ্টন ব্ৰীজৰ সজ্জাত পাই আহিছোঁ। এনে ব্যৱহাৰত কাঁটাৰ নিৰপেক্ষ অৱস্থান (যেতিয়া গেলভেন'মিটাৰৰ মাজেৰে কোনো প্ৰবাহ বৈ নাথাকে) 4.24 চিত্ৰত দেখুৱাৰ দৰে স্কেলৰ বাওঁপ্ৰান্তত নাথাকি সোঁমাজত থাকে। প্ৰবাহৰ দিশৰ ওপৰত নিৰ্ভৰ কৰি কাঁটাৰ বিচ্যুতি হয় বাওঁফালে অথবা সোঁফালে হ'ব।



চিত্ৰ 4.24 চলকুণ্ডলী গেলভেন'মিটাৰ। ইয়াৰ উপাদানবোৰৰ বিষয়ে মূল পাঠত আলোচনা কৰা হৈছে। প্ৰয়োজন অনুসৰি এই সঁজুলিক প্ৰবাহৰ সংসূচক হিচাপে অথবা প্ৰবাহৰ (এমিটাৰ) তথা বিভৱৰ (ভল্টমিটাৰ) মান জুখিবলৈ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি।

কিছু পৰিবৰ্তনৰ অবিহনে গেলভেন'মিটাৰক বৰ্তনীৰ প্ৰবাহ জোখা এমিটাৰ (ammeter) হিচাপে ব্যৱহাৰ কৰিব নোৱাৰি। ইয়াৰ কাৰণ দুটা ঃ (i) গেলভেন'মিটাৰ অতি সংবেদনশীল যন্ত্ৰ, μA মাত্ৰাৰ প্ৰবাহৰ কাৰণেই পূৰ্ণস্কেল বিচ্যুতি ঘটে। (ii) প্ৰবাহ জুখিবলৈ বৰ্তনীৰ লগত গেলভেন'মিটাৰৰ সংযোগ শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে কৰিব লাগে আৰু যিহেতু ইয়াৰ ৰোধ উচ্চ মানৰ, এনে কৰাৰ লগে লগে বৰ্তনীৰ প্ৰবাহ সলনি হ'ব। এই অসুবিধাবোৰৰ নিৰাময়ৰ বাবে কম মানৰ ৰোধ এটা (r_s) গেলভেন'মিটাৰৰ কুণ্ডলীৰ লগত সমান্তৰালভাৱে সংযোগ কৰা হয়; যাতে অধিকাংশ প্ৰবাহ সৰু মানৰ ৰোধৰ মাজেৰে প্ৰবাহিত হয়। সৰু মানৰ ৰোধটোক চাণ্ট ৰোধ (shunt resistance) বুলি কোৱা হয়। এই সজ্জাৰ ৰোধ হ'ল

$$R_G\, r_s / (R_G + r_s) \cong r_s \qquad \text{যদি} \quad R_G >> r_s$$

বৰ্তনীৰ বাদবাকী ৰোধ R_c ৰ তুলনাত r_s সৰু হ'লে জোখমাখৰ সঁজুলিৰ সংযোগৰ ফলত হোৱা পৰিণামো সৰু আৰু নগণ্য হয়। 4.25 চিত্ৰত এই সজ্জাক

চিত্ৰীয় ৰূপত দেখুৱা হৈছে। এমিটাৰৰ স্কেল সঠিক জোখত ক্ৰমাংকিত কৰি অনায়াসে প্ৰবাহ জুখিব পৰা হয়। আমি প্ৰতি একক প্ৰবাহৰ বাবে ঘটা বিচ্যুতিক গেলভেনমিটাৰৰ প্ৰবাহ সংবেদনশীলতা (**current sensitivity of the galvanometer**) বুলি কওঁ। (4.38) সমীকৰণৰ পৰা এই প্ৰবাহ সংবেদনশীলতা হ'ব,

$$\frac{\phi}{I}=\frac{NAB}{k} \tag{4.39}$$

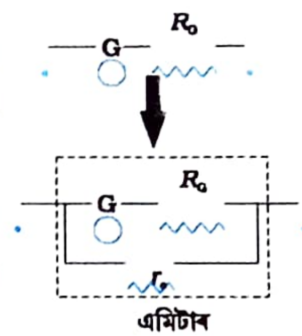
সংবেদনশীলতা বঢ়োৱাৰ এটা উজু উপায় হ'ল পাক সংখ্যা N বেছি কৰা। আমাৰ পৰীক্ষাৰ প্ৰয়োজন অনুসৰি আমি আৱশ্যকীয় সংবেদনশীলতাৰ গেলভেনমিটাৰ এটা যোগাৰ কৰি ল'ব লাগে।

বৰ্তনীৰ প্ৰদত্ত অংশ এটাৰ দুয়ো মূৰে বিভৱ জুখিবলৈ ভল্টমিটাৰ (voltmeter) হিচাপেও গেলভেনমিটাৰ ব্যৱহাৰ কৰিব পাৰি। ইয়াৰ বাবে তাক বৰ্তনীৰ সেই অংশৰ সৈতে সমান্তৰালভাৱে সংযোগ কৰিব লাগিব। তদুপৰি ই অতি ক্ষুদ্ৰ পৰিমাণৰ প্ৰবাহহে টানিব পাৰিব, নহ'লে বিভৱ জোখাৰ প্ৰক্ৰিয়াটোৱে মূল ব্যৱস্থাপাতিৰ যথেষ্ট সলনি কৰি দিব। সাধাৰণতে আমি জোখ-মাখৰ যন্ত্ৰই কৰা এনে সলনি এক শতাংশৰ কমত ৰাখিব বিচাৰোঁ। এই উদ্দেশ্য সাধিবলৈ এটা উচ্চ মানৰ ৰোধ গেলভেনমিটাৰৰ লগত শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে সংযোগ কৰা হয়। 4.26 চিত্ৰত এই সজ্জাক চিত্ৰীয় ৰূপত দেখুৱা হৈছে। মন কৰা যে এতিয়া গেলভেনমিটাৰৰ ৰোধ হ'ল,

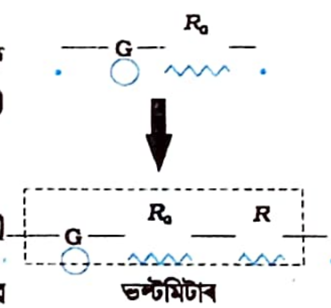
$R_G + R \equiv R$ (ডাঙৰ)

ভল্টমিটাৰৰ স্কেল সঠিক জোখত ক্ৰমাংকিত কৰি অনায়াসে বিভৱ জুখিব পৰা কৰা হয়। প্ৰতি একক বিভৱান্তৰত ঘটা বিচ্যুতিক বিভৱ সংবেদনশীলতা (**voltage sensitivity**) বুলি কোৱা হয়। (4.38) সমীকৰণৰ পৰা

$$\frac{\phi}{V}=\left(\frac{NAB}{k}\right)\frac{I}{V}=\left(\frac{NAB}{k}\right)\frac{1}{R} \tag{4.40}$$



চিত্ৰ 4.25 অতি সৰু মানৰ চাণ্ট ৰোধ r_s ৰ সমান্তৰাল সংযোগৰ দ্বাৰা গেলভেনমিটাৰ (G) এমিটাৰলৈ ৰূপান্তৰ।



চিত্ৰ 4.26 ডাঙৰ মানৰ ৰোধ R ৰ শ্ৰেণীবদ্ধ সংযোগৰ দ্বাৰা গেলভেনমিটাৰৰ (G) ভল্টমিটাৰলৈ ৰূপান্তৰ।

এটা মন কৰিবলগীয়া কথা এয়ে যে প্ৰবাহ সংবেদনশীলতা বঢ়ালে বিভৱ সংবেদনশীলতা অনিবাৰ্যভাৱে নাবাঢ়িবও পাৰে। প্ৰবাহ সংবেদনশীলতাৰ জোখ দিয়া (4.39) সমীকৰণক আলোচনাৰ বাবে লোৱা হওক। যদি $N \rightarrow 2N$, অৰ্থাৎ পাকৰ সংখ্যা দুগুণ কৰিলে,

$$\frac{\phi}{I} \rightarrow 2\frac{\phi}{I}$$

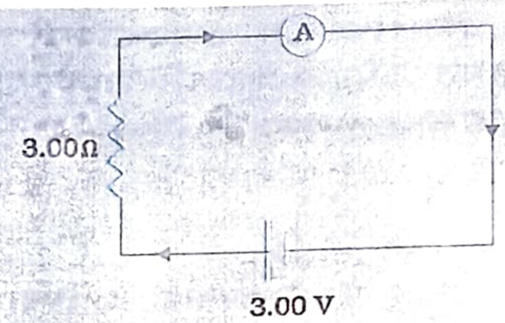
গতিকে, প্ৰবাহ সংবেদনশীলতা দুগুণ হয়। কিন্তু, গেলভেনমিটাৰ ৰোধ দুগুণলৈ বঢ়াৰ সম্ভাৱনা থাকে যিহেতু ই তাঁৰৰ দৈৰ্ঘ্যৰ সমানুপাতিক। (4.40) সমীকৰণত $N \rightarrow 2N$, আৰু $R \rightarrow 2R$, গতিকে বিভৱ সংবেদনশীলতা,

$$\frac{\phi}{V} \rightarrow \frac{\phi}{V}$$

একেই থাকিব। গতিকে সাধাৰণতে, গেলভেনমিটাৰৰ এমিটাৰলৈ পৰিবৰ্তনৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় সংশোধনী, তাৰ ভল্টমিটাৰলৈ পৰিবৰ্তনৰ বাবে প্ৰয়োজনীয় সংশোধনীতকৈ পৃথক।

উদাহৰণ 4.13 বৰ্তনীত (চিত্ৰ 4.27) প্ৰবাহ জুখিব লাগে। প্ৰদৰ্শিত এমিটাৰটো যদি (a) $R_G = 60.00\ \Omega$ ৰোধৰ এটা গেলভেনমিটাৰ হয়, (b) ইতিমধ্যে (a) ত বৰ্ণোৱা গেলভেনমিটাৰটো $r_s = 0.02\ \Omega$ চাণ্ট ৰোধ সংযোগ কৰি এমিটাৰলৈ পৰিবৰ্তিত কৰা হয়, (c) শূন্য ৰোধৰ এটা আদৰ্শ এমিটাৰ হয় তেন্তে প্ৰবাহৰ মান নিৰ্ণয় কৰা।

উদাহৰণ 4.13



চিত্ৰ 4.২৮

সমাধান :

(a) বৰ্তনীৰ মুঠ ৰোধ,

$R_G + 3 = 63\,\Omega$ । গতিকে, $I = 3/63 = 0.048$ A।

(b) এমিটাৰলৈ পৰিবৰ্তিত গেলভেন'মিটাৰৰ ৰোধ,

$$\frac{R_G r_s}{R_G + r_s} = \frac{60\,\Omega \times 0.0\Omega}{(60+0.02)\,\Omega} \cong 0.02\Omega$$

বৰ্তনীৰ মুঠ ৰোধ,

$0.02\,\Omega + 3\,\Omega = 3.02\,\Omega$ । গতিকে $I = 3/3.02 = 0.99$ A.

(c) শূন্য ৰোধৰ আদৰ্শ এমিটাৰৰ বাবে,

$I = 3/3 = 1.00$ A

সাৰাংশ

1. $\vec{B}$ আৰু $\vec{E}$, ক্ৰমে চৌম্বিক আৰু বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰত $\vec{v}$ বেগেৰে গতিশীল q আধানৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত মুঠ বলক লৰেঞ্জৰ বল (Lorentz force) বুলি কোৱা হয়। তলত ইয়াৰ প্ৰকাশ ৰাশি দিয়া হৈছে।

   $\vec{F} = q\left(\vec{v} \times \vec{E} + \vec{B}\right)$

   চৌম্বিক বল $q\vec{v} \times \vec{B}$, $\vec{v}$ ৰ লম্ব আৰু ইয়াৰ দ্বাৰা সম্পাদিত কাৰ্য শূন্য।

2. $\vec{B}$ বাহিক্যক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত l দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা পোন পৰিবাহীয়ে অনুভৱ কৰা বল হৈছে

   $\vec{F} = I\vec{l} \times \vec{B}$

   য'ত $|\vec{l}| = l$ আৰু প্ৰবাহৰ দিশে $\vec{l}$ ৰ দিশ সূচায়।

3. $\vec{B}$ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত q আধানে $\vec{B}$ ৰ লম্ব সমতলত বৃত্তীয় কক্ষপথত ঘূৰে। এই সুষম বৃত্তীয় গতিৰ কম্পনাংকক চাইক্লট্ৰন কম্পনাংক (cyclotron frequency) বুলি কোৱা হয়। আৰু ইয়াৰ মান হ'ল

   $$\nu_c = \frac{qB}{2\pi m}$$

   এইকম্পনাংক, কণাৰ দ্ৰুতি আৰু তাৰ কক্ষৰ ব্যাসাৰ্দ্ধৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীল নহয়। ঘূৰ্ণীত্বৰক (cyclotron frequencey) নামৰ এবিধ যন্ত্ৰত এই জ্ঞান ব্যৱহাৰ কৰি আহিত কণাক ত্বৰিত কৰা হয়।

4. বায়'-চাভাৰ্ট সূত্ৰৰ (Biot Savart law) মতে I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা $d\vec{l}$ খণ্ডৰ পৰা r দূৰত্বত

অৱস্থিত P বিন্দুত প্ৰতিষ্ঠাপিত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ $d\vec{B}$ হ'ল

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} I \frac{d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3}$$

P ত মুঠ ক্ষেত্ৰ নিৰূপণ কৰিবলৈ এই ভেক্টৰ প্ৰকাশ ৰাশিক পৰিবাহীৰ সমুদায় দৈৰ্ঘ্য ৰ ওপৰেদি সমাকলন (intregate) কৰিব লাগিব।

5. R ব্যাসাৰ্দ্ধবিশিষ্ট আৰু I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰৰ পৰা অক্ষীয় দূৰত্ব x ত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান

$$B = \frac{\mu_0 IR^2}{2(x^2 + R^2)^{3/2}}$$

কেন্দ্ৰত ইয়াৰ ৰূপান্তৰিত মান হ'ব

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}$$

6. এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰ ঃ ধৰা হওক, এখন মুকলি পৃষ্ঠ S, C কুণ্ডলীৰে পৰিবেষ্টিত হৈ আছে। তেনে অৱস্থাত এম্পিয়াৰ সূত্ৰই জনায় যে $\oint_C \vec{B}.d\vec{l} = \mu_0 I$ য'ত I হ'ল S ৰ মাজেৰে পাৰ হোৱা প্ৰবাহ। I ৰ চিন সোঁহাতৰ নিয়মৰ সহায়ত নিৰ্ণয় কৰা হয়। আমি এই সূত্ৰৰ এটা সৰলীকৃত ৰূপ আলোচনা কৰিলোঁ। এডাল বদ্ধ বক্ৰৰেখাৰ প্ৰত্যেক বিন্দুতে যদি B স্পৰ্শকীয় ভাবে থাকে আৰু ইয়াৰ মান ধ্ৰুৱক, তেন্তে $BL = \mu_0 I_e$

য'ত I_e হ'ল বদ্ধ বৰ্তনীয়ে পৰিবেষ্টিত কৰা মুঠ প্ৰবাহ।

7. I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা দীঘল পোন তাঁৰ এডালৰ পৰা R দূৰত্বত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}$$

ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ তাঁৰৰ সাপেক্ষে এককেন্দ্ৰীয়।

8. I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা দীঘল চলেনইড এটাৰ ভিতৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান

$B = \mu_0 nI$

য'ত n হ'ল প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ পাকৰ সংখ্যা। টৰইডৰ বাবে এই প্ৰকাশ ৰাশি হ'ল

$$B = \frac{\mu_0 NI}{2\pi r}$$

য'ত N হ'ল মুঠ পাক সংখ্যা আৰু r হ'ল গড় ব্যাসাৰ্দ্ধ।

9. একমুখী সমান্তৰাল প্ৰবাহে আকৰ্ষণ কৰে আৰু বিপৰীতমুখী সমান্তৰাল প্ৰবাহে বিকৰ্ষণ কৰে।

10. I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা A ক্ষেত্ৰফলৰ আৰু ঘনকৈ পকোৱা N পাকৰ সমতলীয় কুণ্ডলী এটাৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক $\vec{m}$ য'ত

$\vec{m} = NI\vec{A}$

আৰু $\vec{m}$ ৰ দিশ সোঁহাতৰ বুঢ়া আঙুলিৰ নিয়মে সূচায় ঃ তোমাৰ সোঁহাতৰ তলুৱা প্ৰবাহৰ দিশত কুণ্ডলীৰ গাৰে ভাঁজ দিয়া। ওলাই থকা বুঢ়া আঙুলিয়ে $\vec{m}$ (আৰু $\vec{A}$)ৰ দিশ নিৰ্ণয় কৰে। এই কুণ্ডলীটো $\vec{B}$ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰত প্ৰতিস্থাপিত কৰিলে তাৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বল $\vec{F}$ হ'ল ঃ $F = 0$

আৰু তাৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত টৰ্ক $\vec{\tau} = \vec{m} \times \vec{B}$

চলকুণ্ডলী গেলভেন'মিটাৰত, স্প্ৰিঙৰ প্ৰতিৰোধী টৰ্কে এই টৰ্কক সন্তুলিত কৰে। গতিকে আমি

পাওঁ, $k\phi = NI\,AB$

য'ত ϕ হ'ল সাম্য বিচ্যুতি আৰু k হ'ল স্প্ৰিংটোৰ ব্যাবৰ্তন ধ্ৰুৱক।

11. কেন্দ্ৰীয় নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে পৰিভ্ৰমণৰত ইলেক্ট্ৰনৰ চৌম্বিক ভ্ৰামক μ_l ৰ প্ৰকাশ ৰাশি

$$\mu_l = \frac{e}{2m} l$$

য'ত l হ'ল কেন্দ্ৰীয় নিউক্লিয়াছৰ চাৰিওফালে পৰিভ্ৰমণৰত ইলেক্ট্ৰনৰ কৌণিক ভৰবেগৰ মান। μ_l ৰ সৰ্বনিম্ন মানক ব'ৰ মেগনেটন (Bohr magneton), μ_B বুলি কোৱা হয় আৰু ইয়াৰ মান $\mu_B = 9.27\times10^{-24}$ J/T।

12. সৰু মানৰ চাণ্ট ৰোধ (r_s) এটা সমান্তৰালভাৱে সংযোগ কৰি চলকুণ্ডলী গেলভেন'মিটাৰক এমিটাৰলৈ ৰূপান্তৰিত কৰিব পাৰি। শ্ৰেণীবদ্ধভাৱে ডাঙৰ ৰোধ এটা সংযোগ কৰি ইয়াক ভল্টমিটাৰলৈ ৰূপান্তৰিত কৰিব পাৰি।

ভৌতিক ৰাশি	চিহ্ন	প্ৰকৃতি	মাত্ৰা	একক	মন্তব্য
মুক্ত অঞ্চলৰ প্ৰবেশ্যতা	μ_0	স্কেলাৰ	$[MLT^{-2}A^{-2}]$	$T\,m\,A^{-1}$	$4\pi\times10^{-7}\,T\,m\,A^{-1}$
চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ	**B**	ভেক্টৰ	$[M\,T^{-2}A^{-1}]$	T (tesla)	
চৌম্বিক ভ্ৰামক	**m**	ভেক্টৰ	$[L^2A]$	$A\,m^2$ or J/T	
ব্যাবৰ্তন ধ্ৰুৱক	k	স্কেলাৰ	$[M\,L^2T^{-2}]$	$N\,m\,rad^{-1}$	চলকুণ্ডলী গেলভেন'মিটাৰত ব্যৱহাৰ হয়।

মন কৰিবলগীয়া কথা

1. স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ ধনাত্মক আধানৰ পৰা নিৰ্গত হৈ ঋণাত্মক আধানত শেষ হয় বা অসীমত নিচিহ্ন হৈ যায়। চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰ সদায়ে বদ্ধ কুণ্ডলীৰ আকাৰৰ।
2. সময়ৰ সাপেক্ষে পৰিবৰ্তন নোহোৱা সুস্থিৰ প্ৰবাহৰ ক্ষেত্ৰতহে এই অধ্যায়ৰ আলোচনাবোৰ প্ৰযোজ্য।

   প্ৰবাহ সময়ৰ সাপেক্ষে পৰিবৰ্তিত হ'লে বিদ্যুত চুম্বকীয় ক্ষেত্ৰই কঢ়িওৱা ভৰবেগ বিবেচনা কৰিলেহে নিউটনৰ তৃতীয় সূত্ৰৰ প্ৰয়োগ সঙ্গত হ'ব।
3. লৰেঞ্জৰ বলৰ প্ৰকাশ ৰাশি মনত পেলোৱা— $\vec{F} = q\left(\vec{v}\times\vec{E}+\vec{B}\right)$

   এই বেগ নিৰ্ভৰশীল বলে কেবাজনো মহৎ বৈজ্ঞানিক চিন্তাবিদৰ মনোযোগ আকৰ্ষণ কৰিছিল। তৎক্ষণিক বেগৰ প্ৰসঙ্গ প্ৰণালীত আলোচনা কৰিলে বলৰ চৌম্বিক অৱদান বিলুপ্ত হয়। নতুন প্ৰসঙ্গ প্ৰণালীত এখন সমুচিত বৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ বিদ্যমান বুলি যুক্তি আগবঢ়াই আহিত কণাৰ গতিৰ ব্যাখ্যা দিব পাৰি। এই পদ্ধতিৰ বিশদ আলোচনাৰ পৰা আমি বিৰত থাকিম। অৱশ্যে প্ৰত্যয়েৰে ক'ব পাৰি যে এই বিৰোধাভাসৰ ব্যাখ্যাই বিদ্যুত আৰু চুম্বকত্ব পৰস্পৰে জড়িত পৰিঘটনা (electromagnetism) বুলি ইঙ্গিত দিয়ে আৰু লৰেঞ্জৰ বলৰ প্ৰকাশৰাশিয়ে প্ৰকৃতিত বিশ্বজনীন পছন্দৰ প্ৰসঙ্গ প্ৰণালী থকা বুলি নকয়।
4. এম্পিয়াৰৰ বৰ্তনী সম্বন্ধীয় সূত্ৰ বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰৰ পৰা স্বতন্ত্ৰ নহয়। ইয়াক বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰৰ পৰা উলিয়াব পাৰি। বায়'-চাভাৰ্টৰ সূত্ৰৰ লগত ইয়াৰ সম্বন্ধ, গাউছৰ সূত্ৰ আৰু কুলম্বৰ সূত্ৰৰ সম্বন্ধৰ সদৃশ।

অনুশীলনী

4.1 প্ৰত্যেক ব্যাসাৰ্দ্ধ 8.0 cm কৈ 100 টা পাকৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটাই 0.40 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে। কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰত $\vec{B}$ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান?

4.2 দীঘল পোন তাঁৰ এডালে 35 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে। তাঁৰডালৰ পৰা 20 cm আঁতৰৰ বিন্দু এটাত $\vec{B}$ চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান কিমান?

4.3 আনুভূমিক তলত সংস্থাপিত দীঘল পোন তাঁৰ এডালে উত্তৰৰ পৰা দক্ষিণ দিশলৈ 50 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে। তাঁৰডালৰ পৰা পূবে 2.5 m দূৰত্বত অৱস্থিত বিন্দু এটাত $\vec{B}$ মান আৰু দিশ নিৰ্ণয় কৰা।

4.4 মূৰৰ ওপৰেৰে যোৱা আনুভূমিক তাঁৰ এডালে পূবৰ পৰা পশ্চিম দিশলৈ 90 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে। তাঁৰডালৰ পৰা 1.5 m তলত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান আৰু দিশ কি হ'ব?

4.5 0.15 T মান বিশিষ্ট সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ লগত 30^0 কোণত প্ৰতিস্থাপিত 8 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা তাঁৰ এডালৰ প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যত প্ৰয়োগ হোৱা চৌম্বিক বলৰ মান কিমান?

4.6 চলেনইড এটাৰ ভিতৰত তাৰ অক্ষৰ লম্বভাৱে 10 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা 3.0 cm দৈৰ্ঘ্যৰ তাঁৰ এডাল প্ৰতিষ্ঠিত হৈ আছে। চলেনইডৰ ভিতৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ 0.27 T বুলি দিয়া আছে। তাঁৰডালৰ ওপৰত চৌম্বিক বল কিমান?

4.7 দুডাল দীঘল আৰু সমান্তৰাল পোন তাঁৰ A আৰু B এ একে দিশতে ক্ৰমে 8.0 A আৰু 5.0 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াই আছে আৰু সিহঁতৰ মাজৰ দূৰত্ব 4.0 cm। A তাঁৰৰ 10 cm খণ্ড এটাৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা বল গণনা কৰা।

4.8 80 cm দৈৰ্ঘ্যৰ ঘনকৈ পকোৱা চলেনইড এটা প্ৰত্যেকেই 400 টা পাকৰ 5 টা তৰপেৰে গঠিত। চলেনইডটোৰ ব্যাস 1.8 cm। যদি কঢ়িয়াই নিয়া প্ৰবাহ 8.0 A হয় তেন্তে চলেনইডৰ ভিতৰত তাৰ কেন্দ্ৰৰ ওপৰত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ গণনা কৰা।

4.9 10 cm বাহুৰ বৰ্গাকৃতি কুণ্ডলী এটাৰ 20 টা পাক আছে আৰু ই 12 A প্ৰবাহ কঢ়িয়ায়। কুণ্ডলীটো উলম্বভাৱে ওলোমো. হৈছে আৰু কুণ্ডলীৰ সমতলৰ লম্বই 0.80 T মানৰ আনুভূমিক সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ দিশৰ সৈতে 30^0 কোণ কৰে। কুণ্ডলীয়ে অনুভৱ কৰা টৰ্কৰ মান কিমান?

4.10 M_1 আৰু M_2 দুটা চলকুণ্ডলী মিটাৰৰ সবিশেষ তলত দিয়া হৈছে।

$R_1 = 10\ \Omega,\ N_1 = 30,$
$A_1 = 3.6 \times 10^{-3}\ m^2,\ B_1 = 0.25\ T$
$R_2 = 14\ \Omega,\ N_2 = 42,$
$A_2 = 1.8 \times 10^{-3}\ m^2,\ B_2 = 0.50\ T$
(দুয়োটা মিটাৰৰ বাবে স্প্ৰিং ধ্ৰুবক একে)

M_2 আৰু M_1 ৰ (a) প্ৰবাহ সংবেদনশীলতা আৰু (b) বিভৱ সংবেদনশীলতাৰ অনুপাত নিৰ্ণয় কৰা।

4.11 এই প্ৰকোষ্ঠত 6.5 G ($1\ G = 10^{-4}\ T$) মানৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন প্ৰতিষ্ঠিত কৰা হৈছে। ক্ষেত্ৰৰ লম্বভাৱে ইলেক্ট্ৰন এটাক $4.8 \times 10^6\ m\ s^{-1}$ দ্ৰুতিৰে ক্ষেত্ৰৰ ভিতৰলৈ প্ৰক্ষেপ কৰা হৈছে। ইলেক্ট্ৰনৰ গতিপথে কিয় বৃত্তৰ আকাৰ লয় ব্যাখ্যা কৰা। বৃত্তাকাৰ কক্ষপথৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ নিৰ্ণয় কৰা। ($e = 1.5 \times 10^{-19}$ C, $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg)

4.12 4.11 অনুশীলনীত বৃত্তাকাৰ কক্ষপথত ইলেক্ট্ৰনৰ পৰিভ্ৰমণৰ কম্পনাংক নিৰ্ণয় কৰা। তোমাৰ

উত্তৰ ইলেক্ট্ৰনৰ প্ৰকৃতিৰ ওপৰত নিৰ্ভৰশীলনে ? ব্যাখ্যা কৰা।

4.13 (a) 0.1T ৰ সুষম আনুভূমিক চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত 6.0 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা 30 টা পাকবিশিষ্ট আৰু 8.0 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটা উলম্বভাৱে ওলোমাই ৰখা হৈছে। ক্ষেত্ৰ ৰেখাবোৰে কুণ্ডলীৰ লম্বৰ লগত 60° কোণ কৰে। কুণ্ডলীৰ ঘূৰ্ণন বন্ধ কৰিবলৈ প্ৰয়োজন প্ৰতিৰোধ টৰ্কৰ মান গণনা কৰা।

(b) (a) ৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলীটো আন একে ক্ষেত্ৰফল আগুৰি থকা সমতলীয় অনিয়তাকাৰ কুণ্ডলীৰে বদ-বদল কৰিলে তোমাৰ উত্তৰ সলনি হ'ব নেকি ? (অন্যান্য সবিশেষ অপৰিবৰ্তিত থাকিব) unaltered)

অতিৰিক্ত অনুশীলনী

4.14 যথাক্ৰমে 16 cm আৰু 10 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ দুটা এককেন্দ্ৰীয় বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী X আৰু Y উত্তৰৰ পৰা দক্ষিণলৈ দিশ অন্তৰ্বিষ্ট হৈ থকা একেখন উলম্ব সমতলত প্ৰতিস্থাপিত হৈ আছে। X কুণ্ডলীৰ 20 টা পাক আছে আৰু ই 16 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে; Y কুণ্ডলীৰ 25 টা পাক আছে আৰু ই 18 A প্ৰবাহ কঢ়িয়াইছে। পশ্চিমলৈ মুখ কৰি থকা নিৰীক্ষক এজনৰ বাবে প্ৰবাহৰ দিশ X ত ঘড়ীৰ কাঁটাৰ বিপৰীতে আৰু Y ত ঘড়ীৰ কাঁটা অনুসৰি। কুণ্ডলী দুটাৰ কেন্দ্ৰত সিহঁতৰ বাবে উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান আৰু দিশ নিৰ্ণয় কৰা।

4.15 প্ৰায় 10 cm ৰৈখিক মাত্ৰাৰ আৰু প্ৰায় 10^{-3} m^3 ক্ষেত্ৰফলৰ অঞ্চল এটাত 100 G ৰ (1 G = 10^{-4} T) সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনৰ প্ৰয়োজন। তাঁৰৰ প্ৰদত্ত কুণ্ডলী এটাৰ সৰ্বোচ্চ প্ৰবাহ বহন ক্ষমতা 15A আৰু মজ্জাৰ ওপৰেৰে পকাব পৰা প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ পাকৰ সংখ্যা খুব বেছি 1000 পাক প্ৰতি মিটাৰ পৰ্যন্ত হ'ব পাৰে। প্ৰয়োজন পূৰাবলৈ ব্যৱহাৰ কৰিবলগীয়া চলেনইডৰ যথোপযুক্ত চানেকিৰ বাবে দিহা আগবঢ়োৱা। ধৰি লোৱা যে মজ্জাটো লৌহ চুম্বকীয় (ferromagnetic) নহয়।

4.16 R ব্যাসাৰ্দ্ধ তথা N টা পাকৰ আৰু I প্ৰবাহ কঢ়িয়াই থকা বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটাৰ অক্ষত কেন্দ্ৰৰ পৰা x দূৰত্বত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ মান হ'ল

$$B = \frac{\mu_0 I R^2 N}{2\left(x^2 + R^2\right)^{3/2}}$$

(a) দেখুওৱা যে ই কুণ্ডলীৰ কেন্দ্ৰত উৎপন্ন চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিচিত মানলৈ ৰূপান্তৰিত হয়।

(b) R দূৰত্বৰে পৃথক হৈ থকা আৰু একে দিশত সমান প্ৰবাহ কঢ়িওৱা সমান্তৰাল সমাক্ষীয় বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী দুটা লোৱা যাৰ ব্যাসাৰ্দ্ধ R আৰু পাক সংখ্যা N একে। দেখুৱা যে অক্ষৰ ওপৰত কুণ্ডলী দুটাৰ মাজত সিহঁতৰ মধ্যবিন্দুৰ ওচৰা-উচৰি ঠাইত ক্ষেত্ৰ, R ৰ তুলনাত সৰু দূৰত্বৰ ভিতৰত সুষম আৰু ইয়াৰ মান

$$B = 0.72 \frac{\mu_0 N I}{R}, \text{ প্ৰায়।}$$

[সৰু অঞ্চল এটাত প্ৰায় সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ স্থাপনৰ এনে সজ্জাক হে'মলট্‌জ কুণ্ডলী বোলে]

4.17 টৰইড এটাৰ মজ্জাৰ (অলৌহচুম্বকীয়) অন্তঃ ব্যাসাৰ্দ্ধ 25 cm আৰু বহিঃ ব্যাসাৰ্দ্ধ 26 cm, যাৰ ওপৰত তাঁৰৰ 3500 টা পাক দিয়া হৈছে। তাঁৰৰ মাজেৰে যোৱা প্ৰবাহ 11 A হ'লে, (a) টৰইডৰ বহিঃভাগত, (b) টৰইডৰ মজ্জাৰ অভ্যন্তৰত, আৰু (c) টৰইডে আবৰি থকা মুকলি

অঞ্চলত চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ কিমান?

4.18 তলৰ প্ৰশ্নবোৰৰ উত্তৰ দিয়া ঃ

(a) প্ৰকোষ্ঠ এটাত স্থিৰ দিশৰ (পূবৰ পৰা পশ্চিমলৈ) কিন্তু ইয়াৰ মান প্ৰতিবিন্দুতে পৰিবৰ্তনশীল চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন প্ৰতিষ্ঠা কৰা হৈছে। আহিত কণা এটাই প্ৰকোষ্ঠত প্ৰৱেশ কৰিলে আৰু দিশ সলনি নকৰাকৈ সৰল ৰেখা এডালেদি ধ্ৰুৱক দ্ৰুতিৰে গতি অব্যাহত ৰাখিলে। কণাটোৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগৰ ওপৰত তোমাৰ মন্তব্য কি?

(b) শক্তিশালী আৰু প্ৰতি বিন্দুত মান আৰু দিশ উভয়তে পৰিবৰ্তনশীল অসুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ পৰিৱেশলৈ আহিত কণা এটা সোমাই আহিল আৰু জটিল পথেৰে ভ্ৰমণ কৰি তাৰ পৰা ওলাই আহিল। পৰিৱেশটোত কোনো সংঘাতৰ সন্মুখীন নহ'লে তাৰ অন্তিম দ্ৰুতি, প্ৰাৰম্ভিক দ্ৰুতিৰ সমান হ'বনে?

(c) উত্তৰৰ পৰা দক্ষিণ দিশলৈ সুষম স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখন থকা প্ৰকোষ্ঠ এটাত পশ্চিমৰ পৰা পূবলৈ ভ্ৰমণৰত ইলেক্ট্ৰন এটা সোমাই আহিল। ইলেক্ট্ৰনটোক তাৰ সৰলৰৈখিক পথৰ পৰা বিচ্যুত নোহোৱাকৈ ৰাখিবলৈ হ'লে কোন দিশত সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন স্থাপন কৰিব লাগিব?

4.19 উত্তপ্ত কেথডৰ পৰা নিৰ্গত আৰু 2.0 kV বিভৱান্তৰেৰে ত্বৰিত ইলেক্ট্ৰন এটা 0.15 Tৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত প্ৰৱেশ কৰিছে। ইলেক্ট্ৰনৰ প্ৰক্ষেপপথ নিৰ্ণয় কৰা যদি ক্ষেত্ৰ (a) তাৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগৰ অনুপ্ৰস্থ, (b) আৰু তাৰ প্ৰাৰম্ভিক বেগৰ লগত 30° কোণ কৰি থাকে।

4.20 হে'মলট্জ কুণ্ডলী (4.16 অনুশীলনীত বৰ্ণনা কৰা) ব্যৱহাৰ কৰি প্ৰতিষ্ঠা কৰা চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন সৰু অঞ্চল এটাত সুষম আৰু তাৰ মান 0.75 T। একেটা অঞ্চলতে কুণ্ডলীৰ সাধাৰণ অক্ষৰ লম্ব দিশত সুষম স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ এখনো প্ৰতিষ্ঠিত হৈ আছে। প্ৰত্যেকেই 15 kV ৰ দ্বাৰা ত্বৰিত হোৱাৰ পিছত আহিত কণাৰ (একে প্ৰজাতিৰ) ক্ষীণ ৰশ্মি গুচ্ছ এটাই কুণ্ডলীৰ অক্ষ আৰু স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰ উভয়ৰে লম্ব দিশত এই অঞ্চললৈ সোমাই আহে। স্থিতিবৈদ্যুতিক ক্ষেত্ৰৰ মান 9.0×10^{-5} V m^{-1} হ'লে ৰশ্মিৰ বিচ্যুতি নঘটে। ৰশ্মিগুচ্ছত থকা কণাৰ প্ৰকৃতি সম্বন্ধে সৰল আন্দাজ এটা কৰা। উত্তৰটো কিয় অনন্য নহয়।

4.21 0.45 m দৈৰ্ঘ্যৰ আৰু 60 g ভৰৰ পোন আনুভূমিক দণ্ড এডাল তাৰ দুই প্ৰান্তত দুডাল উলম্ব তাঁৰৰ সহায়ত ওলোমি আছে। তাঁৰৰ মাজেৰে দণ্ডডালত 5.0 A প্ৰবাহ প্ৰতিষ্ঠা কৰা হ'ল।

(a) দণ্ডৰ লম্ব দিশত কেনে চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ প্ৰতিষ্ঠা কৰিলে তাঁৰ দুডালত টান শূন্য হ'ব?

(b) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰক পূৰ্বৰ দৰে ৰাখি প্ৰবাহৰ দিশ ওলোটা কৰিলে তাঁৰ দুডালৰ মুঠ টান কিমান হ'ব? (তাঁৰৰ ভৰ গণ্য নকৰিবা।) $g = 9.8$ m s^{-2}।

4.22 গাড়ীৰ বেটাৰী আৰু ষ্টাৰ্ট কৰা মটৰ সংযোগী তাঁৰবোৰে 300 A প্ৰবাহ কঢ়িয়ায় (কম সময়ৰ বাবে)। তাঁৰবোৰ 70 cm দীঘল আৰু 1.5 cm দূৰত্বেৰে পৃথক হৈ থাকিলে তাঁৰবোৰৰ মাজত প্ৰতি একক দৈৰ্ঘ্যৰ বল কিমান? এই বল আকৰ্ষণী নে বিকৰ্ষণী?

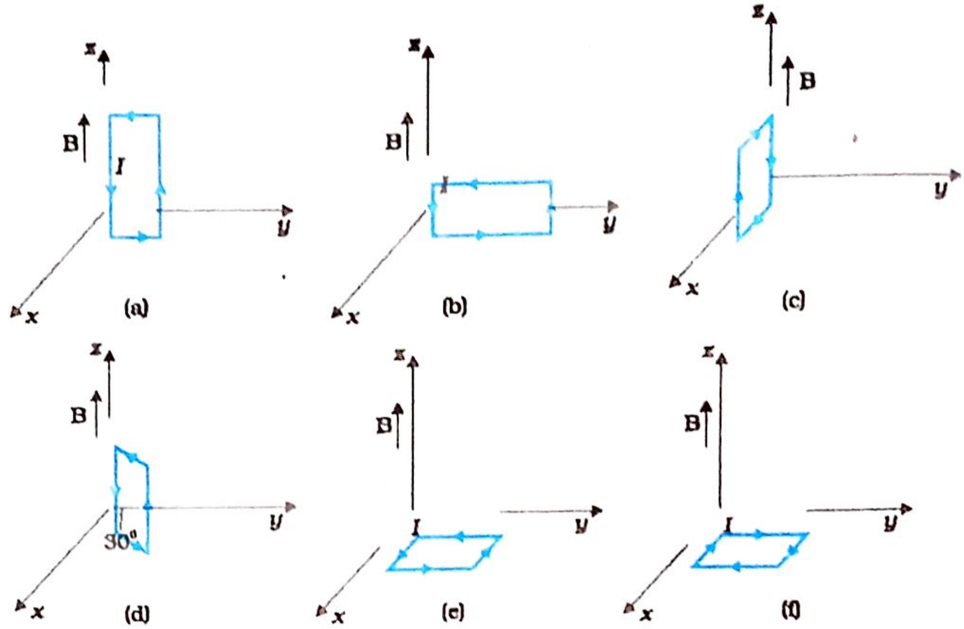
4.23 10.0 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ চুঙাকৃতিৰ অঞ্চল এটাত অক্ষৰ সমান্তৰালকৈ আৰু পূবৰ পৰা পশ্চিমলৈ মুৰ কৰি 1.5 T ৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন প্ৰতিষ্ঠিত হৈ আছে। উত্তৰৰ পৰা দক্ষিণ দিশলৈ 7.0 A প্ৰবাহ চালিত তাঁৰ এডাল এই অঞ্চলৰে গৈছে। তাঁৰৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত বলৰ মান আৰু দিশ নিৰ্ণয় কৰা যদি

(a) তাঁৰে অক্ষৰ সৈতে কটাকটি কৰে,

(b) তাঁৰডাল উত্তৰ-দক্ষিণৰ পৰা উত্তৰ পূব-উত্তৰ পশ্চিম দিশলৈ ঘূৰোৱা হয়,

(c) উত্তৰ-দক্ষিণ দিশত থকা তাঁৰডাল অক্ষৰ পৰা 6.0 cm তললৈ নমাই দিয়া হয়।

4.24 ধনাত্মক z অক্ষৰ দিশত 3000 G ৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখন স্থাপন কৰা হ'ল। 10 cm আৰু 5 cm বাহুৰ আয়তাকাৰ কুণ্ডলী এটাই 12A প্ৰবাহ কঢ়িয়ায়। 4.28 চিত্ৰত দেখুৱা বিভিন্ন অৱস্থাত কুণ্ডলীৰ ওপৰত প্ৰযুক্ত টৰ্ক কিমান? প্ৰত্যেক ক্ষেত্ৰত বল কিমান? কোন অৱস্থাই সুস্থিৰ সাম্য বুজায়?



চিত্ৰ 4.28

4.25 20 টা পাক আৰু 10 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ বৃত্তাকাৰ কুণ্ডলী এটা 0.10 T ৰ সুষম চৌম্বিক ক্ষেত্ৰ এখনত এনেদৰে প্ৰতিষ্ঠা কৰা হৈছে যাতে ক্ষেত্ৰৰ দিশ কুণ্ডলীৰ সমতলৰ লম্ব হয়। কুণ্ডলীত প্ৰবাহ 5.0 A হ'লে

(a) কুণ্ডলীত প্ৰয়োগ হোৱা মুঠ টৰ্ক

(b) কুণ্ডলীত প্ৰয়োগ হোৱা মুঠ বল

(c) চৌম্বিক ক্ষেত্ৰৰ প্ৰভাৱত কুণ্ডলীৰ প্ৰত্যেকটা ইলেক্ট্ৰনৰ ওপৰত প্ৰয়োগ হোৱা গড় বল কিমান? [10^{-5} m^2 প্ৰস্থচ্ছেদৰ তামৰ তাঁৰেৰে কুণ্ডলীটো তৈয়াৰ কৰা হৈছে আৰু তামত মুক্ত ইলেক্ট্ৰনৰ ঘনত্ব প্ৰায় 10^{29} m^{-3}]

4.26 60 cm দীঘল আৰু 4.0 cm ব্যাসাৰ্দ্ধৰ চলনইড এটাৰ প্ৰত্যেকৰে 300 কৈ পাক থকা তিনিটা তৰপ আছে। 2.5 g ভৰৰ 2.0 cm দীঘল তাঁৰ এডাল চলেনইডৰ অক্ষৰ লম্বভাৱে তাৰ অভ্যন্তৰত (কেন্দ্ৰৰ ওচৰত) প্ৰতিষ্ঠিত হৈ আছে। তাঁৰ আৰু চলেনইডৰ অক্ষ, উভয়ে আনুভূমিক সমতলত অৱস্থিত। চলেনইডৰ অক্ষৰ সমান্তৰাল সংযোগী দুডাল তাঁৰৰ যোগেদি প্ৰদত্ত তাঁৰডাল বাহ্যিক বেটাৰী এটা লগত সংযোগ কৰা হৈছে যাৰ ফলত তাঁৰডালৰ মাজেৰে 6.0 A প্ৰবাহ বৈ যায়। চলেনইডৰ পাকত কি মানৰ প্ৰবাহে (চলাচলৰ যথাযথ দিশৰ সৈতে) তাঁৰডালৰ ওজনক সন্তুলিত কৰিব পাৰিব? $g = 9.8$ m s^{-2}।

4.27 গেলভেনোমিটাৰ এটাৰ কুণ্ডলীৰ ৰোধ 12 Ω আৰু 3 mA প্ৰবাহৰ দ্বাৰা ইয়াৰ পূৰ্ণস্কেল বিচ্যুতি দেখুৱাই। তুমি কিদৰে ইয়াক 0 ৰ পৰা 18 V পৰিসৰৰ ভল্টমিটাৰলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবা?

4.28 গেলভেনোমিটাৰ এটাৰ কুণ্ডলীৰ ৰোধ 15 Ω আৰু 4 mA প্ৰবাহৰ দ্বাৰা ইয়াৰ পূৰ্ণস্কেল বিচ্যুতি ঘটে। তুমি কিদৰে ইয়াক 0 ৰ পৰা 6 A পৰিসৰৰ এমিটাৰলৈ ৰূপান্তৰ কৰিবা?